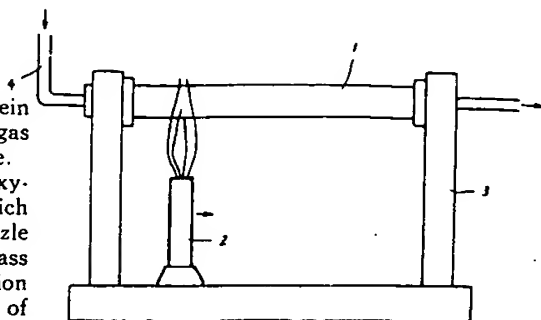


(54) PREPARATION OF BASIC MATERIAL FOR OPTICAL FIBER

(11) 55-90430 (A) (43) 9.7.1980 (19) JP
 (21) Appl. No. 53-162379 (22) 26.12.1978
 (71) HITACHI DENSEN K.K. (72) TOSHIHIDE TOKUNAGA(1)
 (51) Int. Cl.³. C03B37/00, G02B5/172

PURPOSE: To obtain materials for optical fibers of low loss rate by a method wherein gas containing chlorine is blank-burnt at high temperatures while flowing the gas into a glass tube before forming core glass on to the inside-wall of the glass tube.

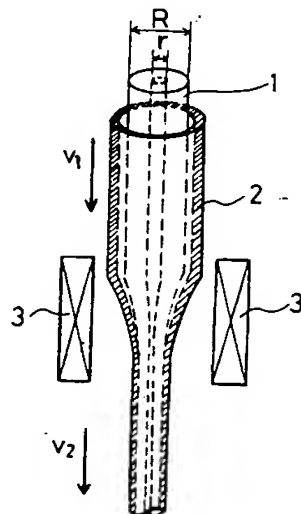
CONSTITUTION: A glass tube 1 is installed to a glass lathe 3 and rotated. An oxy-hydrogen burner 2 is sent in the direction that gas, etc. containing oxygen to which chlorine gas is added flow while letting the gas, etc. flow from a gas feed-in nozzle 4, and the gas is blank-burnt at approximate 1000~1400°C. And pure core glass is made up on an inwall of the glass tube 1. According to this method, transition metals are removed as chlorides by chlorine gas fed, the purity of an inner surface of the glass tube becomes higher and the diffusion of impurities to a core is prevented.

**(54) PREPARATION OF SINGLE MODE GLASS FIBER**

(11) 55-90431 (A) (43) 9.7.1980 (19) JP
 (21) Appl. No. 53-162842 (22) 28.12.1978
 (71) FUJITSU K.K. (72) KIYOSHI ROKUSHIYA(1)
 (51) Int. Cl.³. C03B37/00, G02B5/172

PURPOSE: To obtain a long sized, single mode glass fiber easily by a method wherein a process of manufacture that a preform rod is inserted into a glass tube and heated and elongated is repeated, the rod is brought to the ratio of the outer diameters of the desired core to a clad and a wire is drawn.

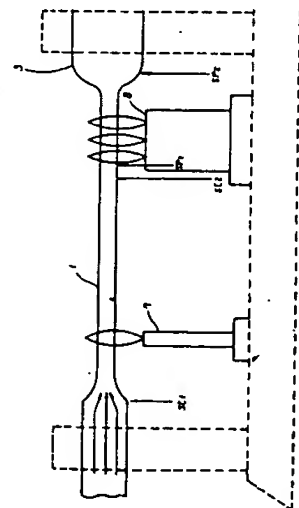
CONSTITUTION: A preform rod 1 having a core forming portion and a clad layer forming portion is covered with a glass tube 2, let pass through a heating furnace 3 and heated and elongated. The preform rod 1 with the ratio of the outer diameters with the desired core is made up by repeating this process of manufacture several times. A single mode glass fiber is built up in such a manner that the preform rod is heated, melted and a wire is drawn. According to this method, a diameter of the core and a clad layer can be enlarged.

**(54) PREPARATION OF OPTICAL FIBER**

(11) 55-90432 (A) (43) 9.7.1980 (19) JP
 (21) Appl. No. 53-163156 (22) 26.12.1978
 (71) FUJITSU K.K. (72) FUMI KIKUCHI(1)
 (51) Int. Cl.³. C03B37/00, G02B5/172

PURPOSE: To eliminate the need for the removing work of soot, and to improve the quality of an optical fiber blank, by a method wherein soot is formed and vitrified toward the exhaust side from the gaseous phase side in a reaction tube and soot is vitrified at an end portion at the exhaust side.

CONSTITUTION: Soot is made up and vitrified in such a manner that reaction gas is introduced into a reaction tube 1 from the gaseous phase system side and the tube 1 up to a stop point sp_1 from a start point st_1 is heated by shifting a main burner 7. Unnecessary soot is vitrified to ensure that the introduction of raw material gas is suspended and a harmonica burner 8 is moved up to a stop point sp_2 from a start point st_2 . The main burner 7 is returned to the start point sp_1 during the time. The vitrified soot is accumulated by repeating this operation. According to this method, the inflow of the soot to a support tube 3 is decreased.



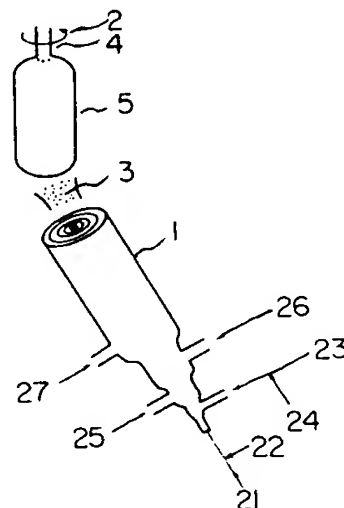
THIS PAGE BLANK (USPTO)

(54) PRODUCING OPTICAL FIBER MATRIX

(11) 55-144433 (A) (43) 11.11.1980 (19) JP
 (21) Appl. No. 54-51037 (22) 24.4.1979
 (71) NIPPON DENSHIN DENWA KOSHA(1) (72) TAKAO EDAHIRO(5)
 (51) Int. Cl.³ C03B37/00, C03B20/00// G02B5/14

PURPOSE: To effect high-speed and stable production of title matrix having specific refractive index distribution by a method wherein H_2 flow rate is specifically controlled in production of optical fiber matrix by flowing various mixed gas of glass raw material and H_2 , etc. from plural nozzles.

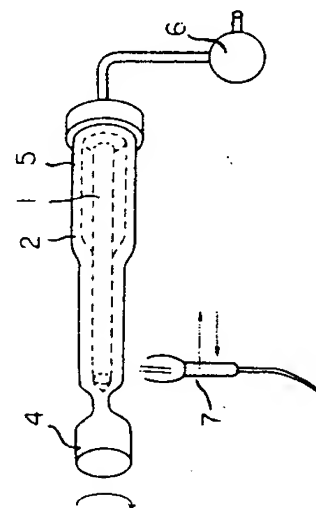
CONSTITUTION: From the center of five-layer coaxial burner 1, glass raw material 21 such as $SiCl_4$ and H_2 gas 22, glass raw material 23 such as $GeCl_4$ and H_2 gas 24, inert gas 25, H_2 gas 26, and O_2 gas 27 is flowed out. The gas undergoes hydrolysis and oxidation reaction to allow glass particles 3 to be stacked onto the starting material 4 which is rotating so that optical fiber base material 5 is produced. At this time, H_2 gas flows 24 and 26 are changed and the flow rate of H_2 gas 22 is controlled in the range of 50~300cc/min. This controls the particles body 5 in refractive index distribution and results in a high-speed stable production of optical fiber matrix 5 having a specified refractive index distribution.

**(54) PRODUCING OPTICAL COMMUNICATION FIBER**

(11) 55-144434 (A) (43) 11.11.1980 (19) JP
 (21) Appl. No. 54-51038 (22) 24.4.1979
 (71) NIPPON DENSHIN DENWA KOSHA(1) (72) KAZUNORI SENDA(3)
 (51) Int. Cl.³ C03B37/00, C03B20/00// G02B5/14

PURPOSE: To economically provide optical communication fibers having good precision in lengthwise direction while reducing heat needed for contracting diameter by a method wherein the internal of base material tube is exhausted to vacuum in process diameter-contraction heating in which matrix rod is inserted into matrix tube.

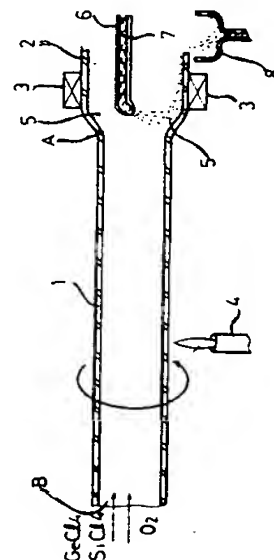
CONSTITUTION: A core-forming matrix rod 1 for optical fiber consists of silica glass containing dopant such as Ge_2O_3 which enhances refractive index. Such a rod 1 is inserted into pure silica matrix tube 2 in concentric way, one end 4 is sealed, the other end 5 is exhausted by vacuum pump 6 and is made vacuum. The matrix tube 2 is heated by moving oxy-hydrogen burner 7 in lengthwise direction at a given speed, so that the diameter of the tube 2 is contracted while maintaining the tube 2 temperature below decomposition temperature of dopant on the surface of the rod 1 or below deformation temperature of the rod 1. The obtained matrix is heated and melted as usual, is drawn, and made into fine fiber. Diameter contraction at low temperature and under reduced pressure eliminates remaining bubble due to thermal decomposition of Ge_2O_3 and reduces required heat and deformation due to diameter contraction.

**(54) PRODUCING OPTICAL FIBER**

(11) 55-144435 (A) (43) 11.11.1980 (19) JP
 (21) Appl. No. 54-51274 (22) 24.4.1979
 (71) FUJITSU K.K. (72) KOUJI OKAMURA
 (51) Int. Cl.³ C03B37/00// G02B5/14

PURPOSE: To efficiently produce optical fiber of uniform composition by a method wherein liquid for cleaning deposited oxide is introduced downstream of gas flow in reaction tube to make flow rate of raw material gas constant in glassification process by melting oxide soot on the inner surface of silica reaction tube.

CONSTITUTION: Preform rod forming silica reaction tube 1 is joined with support tube 2 and rotated. Raw material such as $GeCl_4$ carried by Ar or O_2 gas is introduced from inlet B at a specified flow rate. H_2 - O_2 burner 4 is moved in parallel so that raw gas is oxidized, oxidized soot 5 is formed on the inner surface of the support tube 2, and melted into glass. At this time, cleaning liquid is projected from fine silica tube 6 in the support tube 2 to clean unmelted oxide soot which is flowed with decomposed waste gas and likely blocks gas passage by depositing on the inner wall of the tube 2. The soot is discharged to container 8. In this manner, the flow rate of raw gas is made to constant and uniform-composition preform rod is efficiently provided.



THIS PAGE BLANK (USPTO)

INVENTOR INFORMATION

10/018369

JC13 Rec'd PCT/PTO 19 DEC 2001

Inventor One Given Name:: Hideaki
Family Name:: ITO
Postal Address Line One:: 3, Ikejiri 4-chome,
City:: Itami-shi
State or Province:: Hyogo
Country:: Japan
Postal or Zip Code:: 664-0027
Citizenship Country:: Japan
Inventor Two Given Name:: Masataka
Family Name:: KON
Postal Address Line One:: 3, Ikejiri 4-chome,
City:: Itami-shi
State or Province:: Hyogo
Country:: Japan
Postal or Zip Code:: 664-0027
Citizenship Country:: Japan
Inventor Three Given Name:: Takaharu
Family Name:: KINOSHITA
Postal Address Line One:: 3, Ikejiri 4-chome,
City:: Itami-shi
State or Province:: Hyogo
Country:: Japan
Postal or Zip Code:: 664-0027
Citizenship Country:: Japan
Inventor Four Given Name:: Nobusada
Family Name:: NAGAE
Postal Address Line One:: 3, Ikejiri 4-chome,
City:: Itami-shi
State or Province:: Hyogo
Country:: Japan
Postal or Zip Code:: 664-0027
Citizenship Country:: Japan

CORRESPONDENCE INFORMATION

Correspondence Customer Number:: 22204
Fax One:: (703) 883-0370
Electronic Mail One:: pluther@nixonpeabody.com

APPLICATION INFORMATION

Title Line One:: METHOD FOR MANUFACTURING AN OPTICAL FIB
Title Line Two:: ER PREFORM
Total Drawing Sheets:: 16
Formal Drawings?:: Yes
Application Type:: Utility
Docket Number:: 740819-715

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Secrecy Order Parent Appl.?: No

10/018369

JG13 Rec'd PCT/PTO 19 DEC 2001

REPRESENTATIVE INFORMATION

Representative Customer Number:: 22204
Registration Number One:: 38285
Registration Number Two:: 28290
Registration Number Three:: 35483
Registration Number Four:: 45285
Registration Number Five:: 26477

CONTINUITY INFORMATION

This application is a:: 371 OF
> Application One:: PCT/JP00/04071
Filing Date:: 06-21-2000

PRIOR FOREIGN APPLICATIONS

Foreign Application One:: 11-174954
Filing Date:: 06-22-1999
Country:: Japan
Priority Claimed:: Yes
Foreign Application Two:: 22-190517
Filing Date:: 07-05-1999
Country:: Japan
Priority Claimed:: Yes

Source:: PrintEFS Version 1.0.1

THIS PAGE BLANK (USPTO)

REC'D 19 JAN 2001

WIPO

PCT

PCT

国際予備審査報告

(法第12条、法施行規則第56条)
[PCT36条及びPCT規則70]

出願人又は代理人 の書類記号 C00-S-097CT1	今後の手続きについては、国際予備審査報告の送付通知(様式PCT/ IPEA/416)を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JPO0/04071	国際出願日 (日.月.年) 21.06.00	優先日 (日.月.年) 22.06.99
国際特許分類(IPC) Int.Cl. ⁷ C03B37/012、G02B6/00, 356		
出願人(氏名又は名称) 三菱電線工業株式会社		

- 国際予備審査機関が作成したこの国際予備審査報告を法施行規則第57条(PCT36条)の規定に従い送付する。
- この国際予備審査報告は、この表紙を含めて全部で 3 ページからなる。
☐ この国際予備審査報告には、附属書類、つまり補正されて、この報告の基礎とされた及び/又はこの国際予備審査機関に対してした訂正を含む明細書、請求の範囲及び/又は図面も添付されている。
(PCT規則70.16及びPCT実施細則第607号参照)
この附属書類は、全部で ページである。
- この国際予備審査報告は、次の内容を含む。
I ☒ 国際予備審査報告の基礎
II ☐ 優先権
III ☐ 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての国際予備審査報告の不作成
IV ☐ 発明の単一性の欠如
V ☒ PCT35条(2)に規定する新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての見解、それを裏付けるための文献及び説明
VI ☐ ある種の引用文献
VII ☐ 国際出願の不備
VIII ☐ 国際出願に対する意見

国際予備審査の請求書を受理した日 08.12.00	国際予備審査報告を作成した日 21.12.00	
名称及びあて先 日本国特許庁(IPEA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官(権限のある職員) 近野 光知 印	4T 9260
電話番号 03-3581-1101 内線 3465		

THIS PAGE BLANK (USPTO)

I. 国際予備審査報告の基礎

1. この国際予備審査報告は下記の出願書類に基づいて作成された。(法第6条(PCT14条)の規定に基づく命令に
応答するために提出された差し替え用紙は、この報告書において「出願時」とし、本報告書には添付しない。
PCT規則70.16, 70.17)

☒ 出願時の国際出願書類

- ☐ 明細書 第 _____ ページ、 出願時に提出されたもの
明細書 第 _____ ページ、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの
明細書 第 _____ ページ、 付の書簡と共に提出されたもの
- ☐ 請求の範囲 第 _____ 項、 出願時に提出されたもの
請求の範囲 第 _____ 項、 PCT19条の規定に基づき補正されたもの
請求の範囲 第 _____ 項、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの
請求の範囲 第 _____ 項、 付の書簡と共に提出されたもの
- ☐ 図面 第 _____ ページ/図、 出願時に提出されたもの
図面 第 _____ ページ/図、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの
図面 第 _____ ページ/図、 付の書簡と共に提出されたもの
- ☐ 明細書の配列表の部分 第 _____ ページ、 出願時に提出されたもの
明細書の配列表の部分 第 _____ ページ、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの
明細書の配列表の部分 第 _____ ページ、 付の書簡と共に提出されたもの

2. 上記の出願書類の言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願の言語である。

上記の書類は、下記の言語である _____ 語である。

- ☐ 国際調査のために提出されたPCT規則23.1(b)にいう翻訳文の言語
☐ PCT規則48.3(b)にいう国際公開の言語
☐ 国際予備審査のために提出されたPCT規則55.2または55.3にいう翻訳文の言語

3. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際予備審査報告を行った。

- ☐ この国際出願に含まれる書面による配列表
☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表
☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出された書面による配列表
☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表
☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった
☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記録した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

4. 補正により、下記の書類が削除された。

- ☐ 明細書 第 _____ ページ
☐ 請求の範囲 第 _____ 項
☐ 図面 図面の第 _____ ページ/図

5. ☐ この国際予備審査報告は、補充欄に示したように、補正が出願時における開示の範囲を越えてされたものと認められるので、その補正がされなかったものとして作成した。(PCT規則70.2(c) この補正を含む差し替え用紙は上記1.における判断の際に考慮しなければならない、本報告に添付する。)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

V. 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての法第12条(PCT35条(2))に定める見解、それを裏付ける文献及び説明

1. 見解

新規性 (N)	請求の範囲	1-7	有
	請求の範囲		無
進歩性 (IS)	請求の範囲	1-7	有
	請求の範囲		無
産業上の利用可能性 (IA)	請求の範囲	1-7	有
	請求の範囲		無

2. 文献及び説明 (PCT規則70.7)

請求の範囲1~7

請求の範囲1~7に係る発明は、国際調査報告で引用された何れの文献にも開示されておらず、新規性を有する。特に、ガラスパイプ及びガラスロッドのいずれか一方又は双方を延伸した後にガラスパイプとガラスロッドとを一体化する点は、何れの文献にも開示されていない。

また、請求の範囲1~7に記載された発明は、国際調査報告で引用された文献に対して進歩性を有する。文献1には、本願のガラスパイプ及びガラスロッドのいずれか一方又は双方を延伸した後にガラスパイプとガラスロッドとを一体化する点が記載されておらず、しかもその点は、国際調査報告で引用された何れの文献からも当業者といえども容易に想到し得ないものである。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)
(PCT18条、PCT規則43、44)

出願人又は代理人 の書類記号 C00-S-097CT1	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220)及び下記5を参照すること。		
国際出願番号 PCT/JP00/04071	国際出願日 (日.月.年) 21.06.00	優先日 (日.月.年) 22.06.99	
出願人(氏名又は名称) 三菱電線工業株式会社			

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 3 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 1 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ C03B37/012、G02B6/00, 356

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ C03B37/012

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI/L、ECLA (C03B37/012B)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US, 3932162, A (Corning Glass Works)、13. 1月. 1976 (13. 01. 76)、第7欄18行~58行及び第6図 & JP、51-14336, A、第7頁左上欄、同右上欄及び第6図 & DE, 2523401, A & SE, 7507035, A & FR, 2275786, A & GB, 1466496, A & CA, 1061565, A & IT, 1039119, A	1-7
A	US, 4749369, A (Polaroid Corporation)、7. 1月. 1988 (07. 01. 88)、第4欄40行~48行及び第6図	1-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11. 09. 00

国際調査報告の発送日

19.09.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 近野 光知



4T 9260

電話番号 03-3581-1101 内線 3465

THIS PAGE BLANK (USPTO)

C (続き)、 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US, 4 8 2 0 3 2 2, A (American Telephone and Teelgraph Company AT&T Bell Laboratories)、11. 4月. 1989 (11. 04. 89)、第9欄第27行~第54行及び第10図 & JP、62-260727, A、第10頁左上欄、同右上欄及び第10図 & EP, 244135, A & KR, 9002260, B & AU, 8771933, A	1-7
A	US, 4578096, A (Warner-Lambert Technologies, Inc.)、25. 3月. 1986 (25. 03. 86)、第2欄30行~68行及び第4図 & JP, 57-38337, A、第3頁右上欄、同左下欄及び図面 & FR, 2488595, A & GB, 2082166, A & DE, 3132098, A	1-7
A	GB, 1427826, A (Sumitomo Electric Industries, LT D.)、10. 3月. 1976 (10. 03. 76)、第3頁左欄第10行~第53行及び第4図 & DE, 2352003, A & FR, 2246507, A	1-7
A	WO, 98/33746, A1 (Corning Incorporated)、6. 8月. 1998 (06. 08. 98)、第14頁第15行~第15頁第7行及び第9図 & JP, 8-225335, A、【0027】欄及び第9図 & US, 5717109, A & EP, 966407, A1 & TW, 8365651, A & BR, 9808613, A	1-7
A	JP, 55-90431, A (富士通株式会社)、9. 7月. 1980 (09. 07. 80)、第2頁右上欄、同左下欄及び図面 (ファミリーなし)	1-7
A	JP, 7-10586, A (三菱電線工業株式会社)、13. 1月. 1995 (13. 01. 95)、特許請求の範囲及び図面 (ファミリーなし)	1-7
A	JP, 55-144434, A (住友電気工業株式会社)、11. 11月. 1980 (11. 11. 80)、特許請求の範囲及び図面 (ファミリーなし)	1-7

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2000 年 12 月 28 日 (28.12.2000)

PCT

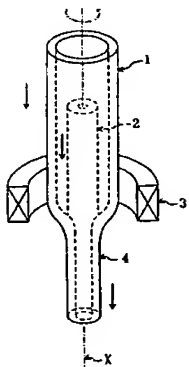
(10) 国際公開番号
WO 00/78686 A1

- (51) 国際特許分類⁷: C03B 37/012, G02B 6/00 LTD.) [JP/JP]; 〒660-0856 兵庫県尼崎市東向島西之町 8 番地 Hyogo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP00/04071
- (22) 国際出願日: 2000 年 6 月 21 日 (21.06.2000)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願平11/174954 1999 年 6 月 22 日 (22.06.1999) JP
特願平11/190517 1999 年 7 月 5 日 (05.07.1999) JP
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 伊藤秀明 (ITO, Hideaki) [JP/JP]. 金 正高 (KON, Masataka) [JP/JP]. 木下貴陽 (KINOSHITA, Takaharu) [JP/JP]. 長江伸定 (NAGAE, Nobusada) [JP/JP]; 〒664-0027 兵庫県伊丹市池尻4丁目3番地 三菱電線工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 前田 弘, 外 (MAEDA, Hiroshi et al.); 〒550-0004 大阪府大阪市西区靱本町1丁目4番8号 太平ビル Osaka (JP).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電線工業株式会社 (MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, (81) 指定国 (国内): KR, US.

/続葉有/

(54) Title: PRODUCTION METHOD FOR OPTICAL FIBER BASE MATERIAL

(54) 発明の名称: 光ファイバ母材の製造方法



(57) Abstract: While a glass rod (2) for a core or a core and clad, inserted into a glass pipe (1) for a clad, is heated by a heater (3), the inside of the glass pipe (1) is depressurized. After at least one of the glass pipe (1) and the glass rod (2) is drawn, the pipe (1) and the rod (2) are integrated together, and then the both (1), (2) are drawn until the outer diameter of the pipe (1) is reduced to specified size.

(57) 要約:

クラッド用ガラスパイプ (1) 内に挿入したコア用又はコア及びクラッド用ガラスロッド (2) をヒータ (3) によって加熱しながらガラスパイプ (1) 内を減圧する。ガラスパイプ (1) 及びガラスロッド (2) の少なくとも一方を延伸した後に、ガラスパイプ (1) 及びガラスロッド (2) を一体化し、その後、ガラスパイプ (2) の外径が所定径となるまで両者 (1), (2) の延伸を行う。

WO 00/78686 A1



(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明細書

光ファイバ母材の製造方法

技術分野

本発明は、クラッド用ガラスパイプ内に、コア用ガラスロッド、又はコア及びクラッド用ガラスロッドを挿入し、両者を加熱しながら上記ガラスパイプ内を減圧して、上記ガラスパイプとガラスロッドとの一体化及び延伸を行う光ファイバ母材の製造方法に関する。

背景技術

光ファイバ母材の製造方法の主なものとしては、OVD (Outside Vapor Deposition) 法、VAD (Vapor-phase Axial Deposition) 法、MCVD (Modified Chemical Vapor Deposition) 法の3つが挙げられる。ここで、VAD法やMCVD法においては、生産性の観点から、コア用又はコア及びクラッド用ガラスロッドを製造した後に、光ファイバ母材の大部分を占めることとなるクラッドを、上記ガラスロッドの外周囲に別工程によって形成する手法が採用されている。

具体的に上記クラッドの形成方法としては、例えば上記ガラスロッドに対してスートと呼ばれるガラス微粒子を堆積させ、これを加熱して透明ガラス化する、いわゆる外付け法が知られている。

これに対し、例えば、日本の特公昭56-45867号公報には、別工程において予め製造されたクラッド用ガラスパイプ内に、上記コア若しくはコア及びクラッド用ガラスロッドを挿入し、このガラスパイプとガラスロッドとを一体化させる、いわゆるロッドインチューブ法が記載されている。このロッドインチューブ法としては、具体的には、バーナ火炎によって上記ガラスパイプ及びガラスロッドを加熱し、このバーナ火炎のガスによって上記ガラスパイプをガラスロッド

に押し付けるようにして両者を一体化させる方法が知られている。また、これとは異なり、上記ガラスパイプ及びガラスロッドを加熱炉（ヒータ）等によって加熱しつつ、上記ガラスパイプ内の圧力を減圧するようにして、このガラスパイプ内外の圧力差によって、両者を一体化させる方法も知られている。

上記のような製法によって製造された光ファイバ母材は、線引き工程を行うことによって光ファイバとなるが、例えば、特開昭50-85345号公報には、上記線引き工程を上記ロッドインチューブ法による光ファイバ母材の製造と同時に行う方法が記載されている。

また、近年、生産コストの低減化等の観点から、光ファイバ母材を大型化することが求められており、この要求を満たすため、上記光ファイバ母材を大径にすることが行われている。ところが、大径の光ファイバ母材をそのまま線引きすると、目標径の光ファイバに安定させるまでに長時間を要することとなってしまう、大量の母材を消費してしまうようになってしまう。

そこで、通常は、線引きを行う前に、大径の光ファイバ母材を歩留まりが最大となる最適の径まで縮径させる縮径工程を行うようにしている。例えば、特開平7-10580号公報には、この光ファイバ母材の縮径工程を上記ロッドインチューブ法による光ファイバ母材の製造と同時に行うようにして、その生産性を向上させようとする方法が記載されている。

ところで、上記のガラスパイプとガラスロッドとを一体化させて光ファイバ母材を製造する場合には、ガラスパイプとガラスロッドとの間に気泡等が発生する場合がある。この気泡は、光ファイバの損失不良や接続不良の原因となるため、光ファイバ母材の製造の際に気泡の発生を確実に防止しなければならない。ところが、この気泡の発生の防止に関係して以下の第1及び第2の問題が存在する。

まず、第1の問題は、ガラスパイプとガラスロッドとを一体化する際のガラスパイプ内の圧力に関係する。

つまり、上記気泡が発生する原因の内の一つは、ガラスパイプ内周面に存在す

る傷やガラスパイプ内周面に付着した水分及びガスにある。そこで、このガラスパイプ内周面の傷等に起因する気泡の発生を防止するために、上記ガラスパイプの内周面を十分に洗浄し、かつ水分等を完全に除去した上で、上記ガラスロッドをガラスパイプ内に挿入することが、通常行われている。さらに、上記ガラスパイプの内周面に付着したガスの残留を防止する観点から、ガラスパイプとガラスロッドとを一体化する際にはこのガラスパイプ内の圧力を極めて低圧にして（減圧度を高くして）、両者の一体化を行うようにしている。

しかしながら、気泡の発生防止を目的として、ガラスパイプ内の減圧度を高くすれば、このガラスパイプが急激に縮径しようとすることから、その縮径部分の曲率が大となり、偏肉量の増加を招いてしまう。その結果、両者を一体化したときに、コアの偏心量が大きくなってしまうという不都合がある。このコアの偏心量は、大型の光ファイバ母材を製造する目的で、大型のガラスパイプ、例えばその内外径比が小である厚肉のガラスパイプや外径の大きいガラスパイプを用いる場合には、特に大になりやすい。このコアの偏心を防止するには、ガラスパイプ内の減圧度を低くした状態でガラスパイプとガラスロッドとの一体化を行うことが有効であるが、減圧度を低くすれば、上述したように光ファイバ母材の内部に気泡が発生する虞がある。

このように、ガラスパイプとガラスロッドとを一体化させて光ファイバ母材を製造する場合における第1の問題は、上記ガラスパイプ内周面の傷等に起因する気泡の発生を防止することと、コアの偏心を防止することとは相反する要求となってしまうことである。特に大型の光ファイバ母材の製造においては、上記第1の問題を解決することは極めて困難である。

次に、第2の問題は、ガラスパイプとガラスロッドとの間の隙間（クリアランス）に関係する。

つまり、上記のガラスパイプとガラスロッドとを一体化させて光ファイバ母材を製造する場合においては、上記クリアランスを小さくした方が、上記ガラスパ

イプとガラスロッドとの一体化が容易になり、しかも、両者を一体化した際にそのコアの偏心量が小さくなる。

ところが、上記クリアランスを小さくすれば、上記ガラスロッドをガラスパイプ内に挿入する際に両者が擦れ合ってしまう、この擦れ合いによってガラスパイプの内周面やガラスロッドの外周面に傷が生じてしまう。その結果、ガラスパイプとガラスロッドとの間に気泡等が発生してしまう虞がある。特に、長尺の光ファイバ母材を製造する場合には、長尺のガラスロッドを長尺のガラスパイプ内に挿入することになるため、両者の擦れ合いを回避することは極めて困難なことになってしまう。

そこで、上記ガラスパイプとガラスロッドとのクリアランスを大きくして両者の一体化及び延伸を行うことが考えられ、具体的には、以下の4つの手法が考えられる。

まず、第1の手法は、図11に示すように、ガラスパイプを、その外径が従来と同じであって内径のみが従来よりも大きいものとすることによって、上記ガラスパイプとガラスロッドとのクリアランスを大きくする手法である。尚、同図における一点鎖線は、従来のガラスパイプの内径を示している。この第1の手法では、上記ガラスパイプとガラスロッドとの擦れ合いは回避されるものの、上記ガラスパイプの断面積が小さくなり、両者を一体化した際にクラッド部分の面積が不足してしまうという不都合がある。つまり、光ファイバ母材のコア・クラッド比（クラッド径をコア径で割った値、以下 C/C と略す）は所定の値にする必要があり、ガラスロッドにおけるコアの断面積に応じたガラスパイプの断面積が必要となる。第1の手法では、完成した光ファイバ母材の C/C を所定の値にするには、不足した分の断面積を有するガラスパイプを追加して被覆する必要があり、2回以上のガラスパイプ被覆を行う必要がある。このため、生産コストの増大、また、被覆回数が増加することに伴い、追加して被覆したガラスパイプの界面に気泡の発生して不良母材となるリスクが高くなってしまうという不都合がある。

第2の手法は、図12に示すように、ガラスパイプを、その断面積は従来と同様であるが、内径及び外径が共に大きいものとすることによって、上記ガラスパイプとガラスロッドとのクリアランスを大きくする手法である。この第2の手法でも、上記ガラスパイプとガラスロッドとの擦れ合いは回避されるものの、上記ガラスパイプの内径がガラスロッドの外径となるまで、このガラスパイプを大幅に縮径させる必要がある。このため、上記ガラスパイプが均一に縮径せずに、光ファイバ母材におけるコアの偏心量が大きくなってしまいう虞がある。また、ガラスパイプの断面積が従来のもと同じであることから、内径を大きくする分だけ外径が大きくなってしまいう。特に、シングルモード光ファイバのようにコアに対してクラッドが大きい光ファイバを製造する場合には、上記ガラスパイプは、断面積が大なるものを用いる必要があり、これに伴いガラスパイプはより一層大外径のものとなってしまう。この場合、上述したような不都合が生じる他に、大型のガラスパイプは入手が困難でありかつ高価であるという不都合や、ガラスパイプが大外径であることから、加熱炉等の製造設備も大型にしなければならず、設備コストや運転コストが増大してしまうという不都合もある。

第3の手法は、図13に示すように、ガラスパイプの内径を大とするのではなく、ガラスロッドを延伸して小径にすることによって、上記ガラスパイプとガラスロッドとのクリアランスを大きくする手法である。尚、同図における一点鎖線は、従来のガラスロッドの外径を示す。この第3の手法でも、上記ガラスパイプとガラスロッドとの擦れ合いは回避されるものの、ガラスパイプの断面積が、ガラスロッドにおけるコアの断面積に対し大きくなりすぎてしまい、完成した光ファイバ母材のC/Cを所定の値にすることが困難となってしまう。つまり、ガラスロッドを延伸することによって、ガラスロッドにおけるコアの断面積が小さくなり、これに伴い必要なガラスパイプの断面積も小さくなる。ところが、上記ガラスパイプは従来と同じ断面積を有するため、上記ガラスパイプとガラスロッドとの一体化及び延伸すれば、完成した光ファイバ母材のC/Cは所定値を大きく

上回ってしまう。このような光ファイバ母材のC/Cを所定の値とするために、ガラスパイプにおける不必要な部分を火炎研磨等によって除去することも考えられるが、ガラスパイプ部分を除去すれば光ファイバ母材が小型になってしまう。また、本来必要としない火炎研磨工程を必要とすることから生産工程数の増大を招き、生産コストが増大してしまう。尚、上記ガラスパイプとして、延伸したガラスロッドの径に応じた断面積のものをを用いれば、所定のC/Cとなった光ファイバ母材が得られるが、この場合は、光ファイバ母材が小型化してしまい、生産性が低下するという問題がある。

第4の手法は、特に、シングルモード光ファイバ用の光ファイバ母材を製造する場合に考えられる手法であり、図14に示すように、ガラスロッドを延伸するのではなく、ガラスロッドにおけるクラッド部分を除去することによって、コアの径を確保したまま外径を小径化し、ガラスパイプとガラスロッドとのクリアランスを確保する手法である。第4の手法でも、上記ガラスパイプとガラスロッドとの擦れ合いは回避されるものの、完成した光ファイバ母材を線引きした光ファイバは損失が高いものになってしまう。つまり、光ファイバ母材におけるガラスロッドとガラスパイプとの界面には、光ファイバにおけるコア内を伝播する信号光を吸収するOH基が残留してしまう場合がある。そこで、通常は、ガラスロッドの外径を大きくすることにより、上記ガラスロッドとガラスパイプとの界面がコアから離れるようにして、たとえガラスロッドとガラスパイプとの界面にOH基が残留しても、このOH基による信号光の吸収の影響を受け難くなるようにしている。例えば1.3 μm 帯シングルモード光ファイバ用の光ファイバ母材を製造する場合は、上記ガラスロッドの外径が、ガラスロッドにおけるコアの外径の約3.6倍(C/Cが3.6)以上必要であり、通常は、C/Cが約4のガラスロッドを用いるようにしている。ところが、第4の手法のように上記ガラスロッドにおけるクラッド部分を除去すると、上記界面がコアに近くなってしまい、この界面に残留するOH基による信号光の吸収によって光ファイバの損失が高くな

ってしまう。

このように、ガラスパイプとガラスロッドとを一体化させて光ファイバ母材を製造する場合における第2の問題は、上記の第1～第4の各手法を用いることによりクリアランスを大として気泡の発生を防止しようとしても、コアの偏心量の増大や生産性の低下その他の問題を招いてしまうことになり、それらを共に防止することは極めて困難なものとなってしまふことである。

本発明は、ガラスパイプとガラスロッドとの一体化及び延伸を行う光ファイバ母材の製造において気泡の発生を防止を目的とするものであって、特に、気泡の発生を防止に関係した第1及び第2の問題を解決することを目的とする。

発明の開示

まず、上記第1の問題を解決するために、本発明者は、ガラスパイプ内の減圧度、加熱温度、及びガラスパイプとガラスロッドとの加熱炉への送り速度等の点に着目して実験を繰り返した。その結果、気泡の発生とコアの偏心との双方を確実に防止し得る光ファイバ母材の製造条件を見出し、第1の発明を完成するに至った。

つまり、ガラスパイプとガラスロッドとの一体化及び延伸を行う場合に、気泡の発生及びコアの偏心の双方を防止するためには、ガラスパイプ内の減圧度を最適にすることが特に重要であることが判明した。そこで、本発明者は、この減圧度に着目して実験を繰り返した結果、コアの偏心が生じない程度であって、かつ、気泡の発生が確実に防止できるガラスパイプ内の減圧度、すなわち、最適な減圧度を見出すに至った。そして、このような最適な減圧度でもってガラスパイプとガラスロッドとの一体化及び延伸を行ったときには、上記ガラスパイプとガラスロッドとが一体化する前に、このガラスパイプ及びガラスロッドのいずれか一方又は双方が延伸し、その後両者が一体化するようになっていることを見出した。例えば、減圧度が高すぎる場合には、上記ガラスパイプとガラスロッドとが一体

化した後に双方が延伸するようになってしまい、この場合は、上述したように、コアの偏心が生じ易くなってしまう。一方、減圧度が低すぎる場合には、上記ガラスパイプとガラスロッドとが一体化することなくそれぞれ十分に延伸した後にこの両者が一体化しようとするが、この場合は、完全には一体化しない。これに対し、最適な減圧度の場合には、ガラスパイプ及びガラスロッドのいずれか一方又は双方が延伸された後に、上記ガラスパイプ及びガラスロッドが一体化するようになる。そして、このようにガラスパイプ及びガラスロッドのいずれか一方又は双方が延伸された後に、上記ガラスパイプ及びガラスロッドが一体化する場合には、気泡の発生とコアの偏心との双方が確実に防止されることが確認された。また、大径のガラスパイプや厚肉のガラスパイプを用いる場合であっても、気泡の発生とコアの偏心との双方が確実に防止されることが確認されて、第1の発明を完成するに至った。

具体的に第1の発明は、クラッド用ガラスパイプ内に、コア用ガラスロッド、又はコア及びクラッド用ガラスロッドを挿入し、このガラスパイプとガラスロッドとを加熱しながら上記ガラスパイプ内を減圧して、上記ガラスパイプとガラスロッドとの一体化及び延伸を行う光ファイバ母材の製造方法を対象とする。

そして、上記ガラスパイプ及びガラスロッドのいずれか一方又は双方を延伸した後に上記ガラスパイプとガラスロッドとを一体化し、その後このガラスパイプの外径が所定径となるまで上記一体化させたガラスパイプ及びガラスロッドの延伸を行うことを特徴とする。

ここで、最適な減圧度の値は、上記ガラスパイプ及びガラスロッドを加熱する加熱炉の温度条件や、ガラスパイプとガラスロッドとの間の隙間の大きさ等のガラスパイプ及びガラスロッドの形状に依存するものである。このため、減圧度によって最適な製造条件を全て規定することは困難である。そこで、本発明者は、上記減圧度を規定する代わりに、ガラスパイプ及びガラスロッドの長手方向に対する距離を利用すれば最適な製造条件を設定し得ることを見出し、第2の発明を

完成するに至った。

具体的に第2の発明は、ガラスパイプ及びガラスロッドのいずれか一方又は双方が延伸を開始する位置から、上記ガラスパイプとガラスロッドとが一体化する位置までの長さを L_1 とし、上記ガラスパイプとガラスロッドとが一体化する位置から、この両者が延伸して上記ガラスパイプの外径が所定径となる位置までの長さを L_2 としたときに、

$$0.1 \leq L_1 / (L_1 + L_2) \leq 0.8$$

を満たすように上記ガラスパイプとガラスロッドとの一体化及び延伸を行うことを特徴とする。

さらに、本発明者は、コアの偏心量は、クリアランスの大きさにも依存することを見出した。例えば、上記クリアランスが大きい場合には、上記ガラスパイプが縮径する際におけるガラスパイプの曲率が大きくなるため、コアの偏心が生じ易くなってしまう。そして、上記クリアランスによって規定した最適な製造条件を見出し、第3の発明を完成するに至った。

具体的に第3の発明は、ガラスパイプの外径を D_0 、内径を d_0 とし、上記ガラスパイプとガラスロッドとが一体化する位置における上記ガラスパイプの外径を D_1 、内径を d_1 としたときに、

$$(d_0 / D_0) / (d_1 / D_1) \leq 2$$

を満たすように上記ガラスパイプとガラスロッドとの一体化及び延伸を行うことを特徴とする。

例えば、 $(d_0 / D_0) / (d_1 / D_1)$ の値が大きい、すなわちクリアランスが大きいときは、ガラスパイプの縮径の曲率が大きくなってしまいコアの偏心が生じる虞があるが、上記第3の発明のように、 $(d_0 / D_0) / (d_1 / D_1)$ の値を2以下とすることによって、コアの偏心が確実に防止される。

第1～第3の発明に係る光ファイバ母材の製造方法は、大型の光ファイバ母材の製造にも適しており、例えば、その内径外径比が0.5以下の厚肉のガラスパ

イプを用いる場合や、外径が4.8 mm以上の大外径のガラスパイプを用いる場合でも、気泡の発生及びコアの偏心を防止して、光ファイバ母材を製造することが可能となる。

一方、上記第2の問題を解決するために、本発明者は、ガラスパイプとガラスロッドとのクリアランスを確保することとして、ガラスパイプの内径を大とするのではなく、ガラスロッドを延伸することによって小径化する点に着目し改良加えた。すなわち、上述の第3の手法のようにガラスロッドを延伸すると、このガラスロッドにおけるコアが小径化されることに伴う不都合が生じてしまう。ところが、延伸したガラスロッドを加熱炉へ送るときの送り速度を、ガラスパイプの送り速度よりも速くすれば、両者が一体化する位置における上記ガラスロッドの断面積が、上記ガラスロッドの送り速度とガラスパイプの送り速度とが同じ場合に比べて大きくなる点に鑑みて第4の発明を完成するに至ったものである。

具体的に第4の発明は、クラッド用ガラスパイプ内に、コア用ガラスロッド、又はコア及びクラッド用ガラスロッドを挿入し、この両者を加熱炉によって加熱しながら上記ガラスパイプ内を減圧して、上記ガラスパイプとガラスロッドとの一体化及び延伸を行う光ファイバ母材の製造方法を対象とする。

そして、上記ガラスロッドの上記加熱炉への送り速度を、上記ガラスパイプの送り速度よりも速い速度であって、上記ガラスパイプの送り速度の2倍以下の速度となるように調整することを特徴とする。

ここで、上記ガラスロッドは、例えば延伸することによって小径化したもの、すなわち、ガラスロッドにおけるC/Cを変更せずに小径化したものとするのがよい。

上記第4の発明によると、ガラスパイプの送り速度をガラスパイプの送り速度よりも大とすることによって、上記ガラスロッドの送り速度とガラスパイプの送り速度とを同じにした場合と比較して、上記ガラスパイプの断面積が拡大した状態で上記ガラスパイプと一体化する。つまり、上記ガラスロッドの送り速度とガ

ラスパイプの送り速度とを同じにした場合は、ガラスロッドの断面積とガラスパイプの断面積との比は常に一定に保たれるが、ガラスロッドの送り速度をガラスパイプの送り速度よりも速くすることによって、ガラスロッドの断面積とガラスパイプの断面積との比が変化し、ガラスパイプの断面積に対してガラスロッドの断面積が相対的に大になった状態で両者が一体化される。このように、ガラスパイプとガラスロッドとの断面積比を増大させることによって、ガラスロッドを延伸したことによるコア径の細径化の影響がキャンセルされ、上記ガラスパイプとガラスロッドとを一体化させることによって得られた光ファイバ母材のC/Cは目標C/Cになる。

ここで、ガラスロッドの送り速度をガラスパイプの送り速度の2倍以下の速度とするのは、次の理由による。例えばこのガラスロッドの送り速度がガラスパイプの送り速度よりも余りに速い速度であれば、上記ガラスロッドの長さは、ガラスパイプの長さ比べて数倍のものになってしまう。また、ガラスパイプと、このガラスパイプ内に挿入された長尺なガラスロッドとを加熱炉に送ると共に、光ファイバ母材を延伸させる極めて大型の設備が必要になってしまう。これらの全てを実現するのが困難であるという不都合が生じるため、ガラスロッドの送り速度としては、ガラスパイプの送り速度の2倍以下の速度とするのがよい。

上記第4の発明に係る光ファイバ母材の製造方法として特に有効となるのは、第5の発明の如く、ガラスパイプとガラスロッドとの間の隙間が大となるように、このガラスパイプの断面積と比較して小径にされた延伸ガラスロッドを用い、上記ガラスロッドの送り速度を、上記ガラスパイプとガラスロッドとが一体化するときに設定したコア・クラッド比となるように調整する場合である。

この場合、ガラスロッドを小径とすることによって、ガラスパイプの内径を大径としなくてもクリアランスは比較的大となる。このため、ガラスパイプとガラスロッドとの擦れ合いが回避されて、気泡の発生が防止される。また、ガラスロッドが小径であっても、ガラスロッドの送り速度を速くすることによって、上述

したように目標C/Cの光ファイバ母材が製造される。さらに、ガラスパイプの内径が大径とならないため、このガラスパイプが均一に縮径してコアの偏心が回避される。また、大型の加熱炉も必要としない。さらに、ガラスパイプを、ガラスロッドの小径化に対応した断面積の小さいものとしなくてもよく、これにより、大型の光ファイバ母材が製造可能になる。

この第4及び第5の発明のように、ガラスパイプの送り速度 V_P とガラスロッドの送り速度 V_R の比(V_R/V_P)を $1 < (V_R/V_P) \leq 2$ に設定すれば、例えば外径が25～45mm程度のガラスロッドと、内径が50～55mm程度のガラスパイプとを用いて、クリアランスが5～15mm程度に設定された大型かつ長尺の光ファイバ母材の製造する場合でも、気泡の発生及びコアの偏心その他の不都合が確実に回避される。

ところで、特に大型かつ長尺の光ファイバ母材の製造において問題となる点であるが、このような光ファイバ母材の製造に用いられる、例えばVAD法等によって製造されるガラスロッドは、コア径、コアとクラッドとの間の屈折率差、又はC/Cがその長手方向に変化したものになってしまう場合がある。このような長手方向に構造が変化したガラスロッドを、ガラスパイプと同じ送り速度で一体化させて光ファイバ母材とすれば、この光ファイバ母材のC/Cは、ガラスロッドの長手方向に対する構造変化を反映して、長手方向に変化したものになってしまう。

このため、通常は、ガラスロッドを長手方向に分割して複数のガラスロッドにし、光ファイバにおけるカットオフ波長が所望の値となるように、上記分割した各ガラスロッド毎の構造に適した目標C/Cを設定して、分割した各ガラスロッド毎に製造工程を調整している。例えば、ガラスロッドにおけるコア径の大きい部分を切り出し、この切り出したガラスロッドを延伸したり、ガラスロッドにおけるコアとクラッドとの間の屈折率差が高い部分を切り出し、このガラスロッドについては、目標C/Cを通常よりも高めに設定してガラスロッドとガラスパイ

プとの一体化を行うようにしている。

しかしながら、このようにガラスロッドを複数に分割して、分割したガラスロッド毎に個別に製造工程を調整するのでは、歩留まりの低下を招いたり、製造工程の管理が複雑になってしまう等の問題がある。

第6の発明は、この問題を解決するものであり、具体的には、ガラスロッドの送り速度を、ガラスパイプとガラスロッドとが長手方向に所望のコア・クラッド比で一体化するように調整することを特徴とする。

ここで、「ガラスパイプとガラスロッドとが長手方向に所望のコア・クラッド比で一体化する」とは、ガラスロッドにおけるコア径、コアとクラッドとの間の屈折率差、又は C/C が長手方向にばらついていても、これらのばらつきをキャンセルして、目標 C/C の光ファイバ母材となるように上記ガラスパイプとガラスロッドとを一体化させることを意味する。

この第6の発明によると、コア径、コアとクラッドとの間の屈折率差、又は C/C が長手方向に変化したガラスロッドであっても、所望の C/C の光ファイバ母材が得られる。例えば、コアとクラッドとの間の屈折率差は長手方向にほぼ一定であるが、 C/C は一体化が開始される端部から一体化が終了する端部に向かって増大しているガラスロッドは、このガラスロッドの送り速度を次第に増速させてガラスパイプと一体化させれば、長手方向に所望の C/C となった光ファイバ母材が製造される。また、例えば、 C/C は長手方向にほぼ一定であるが、コアとクラッドとの間の屈折率差は一体化が開始される端部から一体化が終了する端部に向かって増加しているガラスロッドは、このガラスロッドの送り速度を次第に減速させてガラスパイプと一体化させれば、長手方向に所望の C/C となった光ファイバ母材が製造される。さらに、例えば、コアとクラッドとの間の屈折率差及び C/C の双方が一体化が開始される端部から一体化が終了する端部に向かって増大しているガラスロッドは、このガラスロッドの長手方向に対する微少区間毎に目標 C/C を設定し、この設定した目標 C/C に基づきガラスロッドの

送り速度を増減速させてガラスパイプと一体化させれば、長手方向に所望のC/Cとなった光ファイバ母材が製造される。

このような処理を行った大型光ファイバ母材を線引きした光ファイバは、長手方向に安定したカットオフ波長を持つことになり、光ファイバの歩留まりが向上して低コストの光ファイバの製造が実現する。

上記ガラスロッドの送り速度の制御は、例えば、ガラスロッドとガラスパイプとを一体化する前にガラスロッドのコア径、コアとクラッドとの間の屈折率差又はC/Cの長手方向に対する変化量を予め測定又は予測しておき、この変化量に基づいて組まれた制御プログラムによって行ってもよい。また、ガラスロッドにおけるコアとクラッドとの間の屈折率差が長手方向にほぼ一定である場合には、両者を一体化している最中にコア径を測定し、この測定値に基づいてガラスロッドの送り速度を制御するフィードバック制御を行ってもよい。

尚、ガラスパイプの送り速度を調整することによっても、上記と同様の作用・効果が得られる。

また、通常、ガラスロッドやガラスパイプはその曲がり変形を修正した上で、一体化を行うようにしているが、特に大型かつ長尺の光ファイバ母材を製造する場合にはガラスロッド及びガラスパイプが大型化するため、ガラスロッドやガラスパイプの曲がり修正することが困難となる。一方、この曲がり修正することなく両者を一体化させれば、光ファイバ母材におけるコアの偏心量が大きくなってしまふ虞がある。

第7の発明は、この問題を解決するものであり、具体的には、ガラスパイプ及びガラスロッドのいずれか一方又は双方を、このガラスパイプ又はガラスロッドの長手方向軸回りに回転させながら、上記ガラスパイプとガラスロッドとの一体化を行うことを特徴とする。

第7の発明のように、ガラスパイプ及びガラスロッドのいずれか一方又は双方を長手方向中心軸回りに回転させながら両者を一体化させると、光ファイバ母材

における長手方向中心軸に対する軸対称性が向上するため、コア偏心量が低減する。このコア偏心量が低減すれば偏波分散特性が向上することから、第7の発明に係る光ファイバの製造方法によると、より高精度の光ファイバが得られる、大型の光ファイバ母材が製造可能となる。

図面の簡単な説明

図1は光ファイバ母材の製造中の状態を示す斜視図である。

図2は第1実施形態に係る光ファイバ母材の製造方法によってガラスパイプとガラスロッドとを一体化させる様子を示す斜視図である。

図3は従来の光ファイバ母材の製造方法によってガラスパイプとガラスロッドとを一体化させる様子を示す図2対応図である。

図4は $L_1 / (L_1 + L_2)$ を変えて光ファイバ母材を製造した場合の光ファイバ母材内部の気泡と光ファイバに線引きして測定したコア偏心量について評価した実験結果である。

図5は $(d_0 / D_0) / (d_1 / D_1)$ を変えて光ファイバ母材を製造した場合の光ファイバ母材内部の気泡と光ファイバに線引きして測定したコア偏心量について評価した実験結果である。

図6はクリアランスが小さい場合のガラスパイプとガラスロッドとを一体化させる様子を示す図2対応図である。

図7はクリアランスが大きい場合のガラスパイプとガラスロッドとを一体化させる様子を示す図2対応図である。

図8は実験により得られた $L_1 / (L_1 + L_2)$ とコア偏心量及び発生した気泡の数との関係を示す図である。

図9は実験により得られた $(d_0 / D_0) / (d_1 / D_1)$ とコア偏心量との関係を示す図である。

図10は第2実施形態に係る光ファイバ母材の製造方法によってガラスパイプとガラスロッドとを一体化させる様子を示す図2対応図である。

図 1 1 はガラスパイプとして、その内径が大きいものを用いた場合のガラスパイプとガラスロッドとを一体化させる様子を示す図 2 対応図である。

図 1 2 はガラスパイプとして、その内径及び外径が共に大きいものを用いた場合のガラスパイプとガラスロッドとを一体化させる様子を示す図 2 対応図である。

図 1 3 はガラスロッドとして、延伸することによりその外径を小さくしたものを用いた場合のガラスパイプとガラスロッドとを一体化させる様子を示す図 2 対応図である。

図 1 4 はガラスロッドとして、クラッド部分を削除してその外径を小さくしたものを用いた場合のガラスパイプとガラスロッドとを一体化させる様子を示す図 2 対応図である。

図 1 5 はクリアランスを小さくした場合のガラスパイプとガラスロッドとを一体化させる様子を示す図 2 対応図である。

図 1 6 はクリアランスの大きさ及びガラスロッドの送り速度を変えて光ファイバ母材を製造した場合の光ファイバ母材内部の気泡と光ファイバに線引きして測定したコア偏心量とについて評価した実験結果である。

発明を実施するための最良の形態

－第 1 実施形態－

第 1 実施形態は、第 1 ～ 第 3 の発明に対応するものである。

図 1 は、第 1 実施形態に係る光ファイバ母材の製造中の状態を示していて、1 はクラッド用ガラスパイプ、2 はコア、又はコア及びクラッド用ガラスロッド、3 は上記ガラスパイプ 1 及びガラスロッド 2 の双方を加熱するヒータである。上記ガラスパイプ 1 としては、例えば、OVD 法等によって製造されたものを用いるようにすればよい。また、上記ガラスロッド 2 は、VAD 法によってガラス微粒子を堆積させたガラス微粒子堆積体を焼結したものや、MCVD 法によってクラッドパイプ内周面にコアガラスを形成して中実化したものとすればよい。さら

に、上記ヒータ 3 を備える加熱炉としては、具体的には、カーボン抵抗加熱炉や高周波誘導加熱炉を用いるようにすればよい。

次に、光ファイバ母材の製造手順について説明すると、まず、上記ガラスパイプ 1 及びガラスロッド 2 の上端をそれぞれ図示省略の把持装置によって把持した状態で、ガラスパイプ 1 内にこのガラスパイプ 1 と同軸となるようにガラスロッド 2 を挿入する。そして、上記ガラスパイプ 1 内を、図示省略の減圧装置によって減圧しながら、上記把持装置によって上記ガラスパイプ 1 とガラスロッド 2 とが上記ヒータ 3 内に位置するように下方に移動させる（同図の矢印参照）。

上記ガラスパイプ 1 及びガラスロッド 2 は、上記ヒータ 3 によって加熱されるようになり、上記ガラスパイプ 1 が溶融するとこのガラスパイプ 1 の内外圧力差によって上記ガラスパイプと上記ガラスロッド 2 とが一体化する。この一体化した光ファイバ母材 4 は、上記ヒータ 3 の下方に備えられた図示省略の引取り装置に引き取られて下方に延伸されるようになっていて（同図の矢印参照）、これにより、ガラスパイプ 1 とガラスロッド 2 との一体化と、光ファイバ母材 4 の延伸とが同時に行われるようになっている。

第 1 実施形態では、図 2 に示すように、ガラスパイプ 1 内の減圧度を調整することによって、上記ガラスパイプ 1 とガラスロッド 2 とが一体化する前に、上記ガラスロッド 2 を予め延伸させてから、両者 1, 2 の一体化が行われる。すなわち、ガラスロッド 2 が延伸し始める位置が、ガラスパイプ 1 とガラスロッド 2 とが一体化する位置よりも上方に位置するようにしている（同図の L 1 参照）。尚、同図における L 2 は、上記ガラスパイプ 1 とガラスロッド 2 とが一体化する位置から、この一体化したガラスパイプ 1 及びガラスロッド 2 が延伸されることにより上記ガラスパイプ 1 の外径が所定径 D 2 となる位置までの長さを示している。

一方、図 3 は、従来の光ファイバ製造方法における上記ガラスパイプ 1 とガラスロッド 2 との一体化の様子を示しており、この場合、上記ガラスパイプ 1 及びガラスロッド 2 のいずれも延伸することなく両者 1, 2 が一体化し、一体化後の

光ファイバ母材 4 が延伸するようになっているため、 L_1 が存在していない。

次に、第 1 実施形態に係る光ファイバ母材の製造方法について行った実験について説明する。

図 4 は、各種のガラスパイプ 1 及びガラスロッド 2 を用い、上記ガラスパイプ 1 内の減圧度を変更することによってパラメータとしての $L_1 / (L_1 + L_2)$ の値を変化させて光ファイバ母材 4 を製造した場合における、光ファイバ母材 4 内に発生する気泡と、この光ファイバ母材 4 を線引きした光ファイバにおけるコア偏心量とについて評価した実験結果を示している。また、図 5 は、各種のガラスパイプ 1 及びガラスロッド 2 を用い、ガラスパイプ 1 とガラスロッド 2 との間の隙間（クリアランス： $(d_0 / D_0) / (d_1 / D_1)$ ）が小さいとき（図 6 参照）と、クリアランスが大きいとき（図 7 参照）とで光ファイバ母材 4 を製造した場合における、光ファイバ母材 4 内に発生する気泡と、光ファイバにおけるコア偏心量とについて評価した実験結果を示している。

ここで、 D_0 、 d_0 は延伸前のガラスパイプ 1 の外径及び内径、 D_1 、 d_1 は一体化した位置におけるガラスパイプ 1 の外径及び内径、 D_2 、 d_2 は延伸作業が終了したときのガラスパイプ 1 の外径（光ファイバ母材径）及び内径である。また、 d は延伸前のガラスロッド 2 の外径である。

図 4 における実施例 1 ～実施例 8 は、上記ガラスパイプ 1 とガラスロッド 2 とが一体化する前にガラスロッド 2 が予め延伸するよう、ガラスパイプ 1 内の減圧度を調整して光ファイバ母材 4 を製造した例であり（図 2 参照）、上記実施例 1 ～実施例 8 の内、実施例 1 ～実施例 5 は、ガラスパイプ 1 の外径 D_0 が比較的小さい例、実施例 6 ～実施例 8 は、上記ガラスパイプ 1 の外径 D_0 が比較的大きい例である。

また、図 5 における実施例 9 ～実施例 14 は、上記ガラスパイプ 1 とガラスロッド 2 とが一体化する前にガラスロッド 2 が予め延伸するよう、ガラスパイプ 1 内の減圧度を調整して光ファイバ母材 4 を製造した例であり、上記実施例 9 ～実

施例 14 の内、実施例 9 ～実施例 12 は、ガラスパイプ 1 の外径 D_0 が比較的小さい例、実施例 13 ～実施例 14 は、上記ガラスパイプ 1 の外径 D_0 が比較的大きい例である。

一方、従来例 1 又は従来例 2 は、上記ガラスパイプ 1 及びガラスロッド 2 のいずれも予め延伸することなく、両者 1, 2 が一体化し、一体化後に両者 1, 2 が延伸するようにして光ファイバ母材 4 を製造した例であり（図 3 参照）、従来例 1 は、ガラスパイプ 1 の外径 D_0 が比較的小さい例、従来例 2 は、ガラスパイプ 1 の外径 D_0 が比較的大きい例である。

さらに、図 4 における比較例 1 は、ガラスパイプ 1 内の減圧度を小さくした例であって、ガラスパイプ 1 とガラスロッド 2 とが完全には一体化しなかった例である（ $L_2 = 0$ ）。

この図 4 及び図 5 に基づいて、 $L_1 / (L_1 + L_2)$ の値を横軸に、光ファイバ母材内に発生した気泡の数（黒四角）及び光ファイバのコア偏心量（白抜き三角）を縦軸にしてプロットした図を図 8 に示す。同図から、 $L_1 / (L_1 + L_2)$ の値が 0.1 以上 0.8 以下であれば、気泡の発生及びコアの偏心が共に防止されていることがわかる。この傾向は、例えば実施例 6, 7 のように上記ガラスパイプ 1 の外径 D_0 が大きくなっても同様であり、上記ガラスパイプ 1 が大径（ D_0 が大）あるいは厚肉（ d_0 / D_0 が小）であっても、気泡の発生及びコア偏心が確実に防止されることがわかる。

以上の結果から、 $0.1 \leq L_1 / (L_1 + L_2) \leq 0.8$ となるように、ガラスパイプ 1 及びガラスロッド 2 の一体化及び延伸を行うようにすることで、気泡の発生及び偏心を防止して、光ファイバ母材 4 を製造することができることが確認できる。

また、図 4 及び図 5 に基づいて、 $(d_0 / D_0) / (d_1 / D_1)$ の値を横軸に、コア偏心量を縦軸にしてプロットした図を図 9 に示す。同図から、上記 $(d_0 / D_0) / (d_1 / D_1)$ の値が 2 以下であれば、すなわち、クリアランスが

比較的小さい場合には、コア偏心が防止されていることがわかる。

以上の結果から、 $(d_0/D_0)/(d_1/D_1) \leq 2$ となるように、ガラスパイプ1及びガラスロッド2の一体化及び延伸を行うようにすることで、コア偏心を防止して、光ファイバ母材4を製造することができることが確認できる。

尚、この第1実施形態における光ファイバ母材の製造方法は、図1に示すものとは逆に、ガラスパイプ1及びガラスロッド2を上方に延伸させるようにしても同様の効果が得られる。

－第2実施形態－

第2実施形態は、第4～第7の発明に対応するものである。この第2実施形態に係る光ファイバ母材の製造の基本的な構成は、上記第1実施形態のものとほぼ同様であるため（図1参照）、異なっている点についてのみ説明する。

上記ガラスパイプ1及びガラスロッド2の上端を把持する図示省略の把持装置は、上記ガラスパイプ1とガラスロッド2とをそれぞれ下方に移動させるようになっているが、その移動速度（ヒータ3への送り速度）は、上記ガラスパイプ1とガラスロッド2とで互いに異なる送り速度とすることができるように構成されている。

また、上記把持装置は、ガラスロッド2をその長手方向中心軸X回りに回転させることが可能に構成されており、必要に応じて、上記ガラスロッド2を回転させながらガラスパイプ1と一体化させるようになっている。

次に、上記光ファイバ母材4の製造について説明すると、第2実施形態において用いられるガラスロッド2は延伸することによって比較的小径にされたものである一方（図10のd参照）、ガラスパイプ1は従来から用いられているものである。これにより、このガラスロッド2とガラスパイプ1との間の隙間（クリアランス）は、比較的大になっている。

そして、上記ガラスパイプ1内にガラスロッド2を挿入した状態で、上記ガラ

スパイプ 1 内を減圧装置によって減圧しながら上記ガラスパイプ 1 とガラスロッド 2 とをそれぞれ下方に移動させるが、このとき、ガラスロッド 2 の送り速度 V_r は、ガラスパイプ 1 の送り速度 V_p よりも速い送り速度となるようにされている。これにより、上記ガラスロッド 2 がガラスパイプ 1 と一体化する位置におけるガラスロッド 2 の外径が、光ファイバ母材 4 が設定 C/C となるために必要なガラスロッド 2 の外径 d_1 となり、その結果、一体化した光ファイバ母材 4 は目標 C/C となる。

また、上記ガラスロッド 2 における C/C 等が長手方向に対して変化している場合には、予め設定した制御プログラムによって、ガラスロッド 2 の送り速度 V_r が調整されて光ファイバ母材 4 の C/C が所定 C/C となるようにされている。

このように、ガラスロッド 2 の外径を小径とすることによって、クリアランスを比較的大とすれば、ガラスパイプ 1 とガラスロッド 2 との擦れ合いを回避して気泡の発生を防止することができる。また、ガラスロッド 2 の外径を小径としてもガラスロッド 2 の送り速度 V_r を速くすることによって、単位時間当たりのガラスロッド 2 の送り量は低下しない。このため、ガラスパイプ 1 を、断面積の小さいものとしなくても所定 C/C の光ファイバ母材 4 が製造されると共に、大型の光ファイバ母材 4 が製造可能となる。また、ガラスパイプ 1 は、従来から用いられている大きさのものをそのまま利用することが可能であるため、ガラスパイプ 1 の大きさを変更すること等に要するコストの増大を招くことなく、しかも、加熱炉を大型のものに変更する必要もない。また、上記ガラスパイプ 1 は外径及び内径が大なるものではないため、ガラスパイプ 1 とガラスロッド 2 とが一体化する際にガラスパイプ 1 が均一に縮径する。このため、コアの偏心が回避される。

また、ガラスロッド 2 におけるコア径、 C/C 、又はコアとクラッドと間の屈折率差が長手方向に変化していても、このガラスロッドの送り速度 V_r を増減速調整することによって、所望の C/C となった光ファイバ母材を製造することができる。

さらに、必要に応じて、ガラスロッド2をその長手方向中心軸X回りに回転させながらガラスパイプ1と一体化させることによって、光ファイバ母材4における長手方向中心軸Xに対する軸対称性が向上するようになり、光ファイバ母材4のコアの偏心量を低減することができる。

尚、ガラスロッド2の送り速度 V_R は、例えばガラスパイプ1とガラスロッド2とを一体化している最中に、光ファイバ母材4のコア径を測定し、この測定したコア径に基づいて送り速度 V_R を制御するフィードバック制御を行うようにしてもよい。

また、ガラスロッド2の送り速度 V_R を調整するのではなく、ガラスパイプ1の送り速度を調整するようにしてもよい。このようにしても、上記と同様の作用・効果が得られる。

さらに、ガラスロッド2をその長手方向中心軸X回りに回転させるのではなく、ガラスパイプ1を上記長手方向中心軸X回り回転させるようにしてもよい。このようにしても、光ファイバ母材4の長手方向中心軸Xに対する軸対称性が向上し、光ファイバ母材4のコア偏心量が低減する。また、ガラスパイプ1及びガラスロッド2の双方を回転させてもよい。

また、この第2実施形態における光ファイバ母材の製造方法は、ガラスパイプ1及びガラスロッド2を上方に延伸させるようにしても同様の効果が得られる。

次に、第2実施形態に係る光ファイバ母材の製造方法について行った実験について説明する。

図16は、各種のガラスパイプ1及びガラスロッド2を用いてパラメータとしてのクリアランスの大きさ、及び、ガラスロッド2の送り速度 V_R を変えて光ファイバ母材を製造した場合の、光ファイバ母材内に発生する気泡と光ファイバに線引きして測定したコア偏心量とについて評価した実験結果を示している。

ここで、 d は延伸前のガラスロッド2の径、 d_1 、 d_1' は一体化した位置におけるガラスロッド2の外径（ガラスパイプ1の内径）である。また、 V_R 、 V_P

はそれぞれガラスロッド2の送り速度、ガラスパイプ1の送り速度である。

そして、図16における実施例、比較例1及び比較例2は、図10、図13及び図12に示すように、クリアランスが比較的大であるため、ガラスパイプ1とガラスロッド2とが擦れ合わずに光ファイバ母材が製造された例であり、この内、実施例は、ガラスロッド2をガラスパイプ1よりも速い送り速度で送って ($V_R/V_P > 1$)、光ファイバ母材を製造した例である。

一方、比較例3は、図15に示すように、クリアランスが小であるため、ガラスパイプ1とガラスロッド2とが擦れ合って光ファイバ母材が製造された例である。

この図16から、クリアランスが大きい比較例1及び比較例2では、ガラスパイプ1とガラスロッド2とが擦れ合うことに起因する気泡の発生は防止されているが、カットオフ波長が目標値と大きく異なったり（比較例1）、コアの偏心率が大きくなったりしている（比較例2）。また、クリアランスが小さい比較例3では、ガラスパイプ1とガラスロッド2とが互いに擦れ合うことに起因する気泡が発生していることがわかる。

これに対し、クリアランスが大きい場合でかつガラスロッド2の送り速度 V_R をガラスパイプ1の送り速度よりも速くした実施例では、気泡の発生及びコアの偏心が共に防止され、しかも、得られた光ファイバのカットオフ波長は、目標カットオフ波長に近い値となっている。

以上の結果から、第2実施形態に係る光ファイバ母材の製造方法によれば、気泡の発生とコア偏心とを確実に防止し、かつ、目標カットオフ波長の光ファイバが得られる大型光ファイバ母材が製造できることが確認できる。

請求の範囲

1. クラッド用ガラスパイプ内に、コア用ガラスロッド、又はコア及びクラッド用ガラスロッドを挿入し、このガラスパイプとガラスロッドとを加熱しながら上記ガラスパイプ内を減圧して、上記ガラスパイプとガラスロッドとの一体化及び延伸を行う光ファイバ母材の製造方法において、

上記ガラスパイプ及びガラスロッドのいずれか一方又は双方を延伸した後に上記ガラスパイプとガラスロッドとを一体化し、その後このガラスパイプの外径が所定径となるまで上記一体化させたガラスパイプ及びガラスロッドの延伸を行うことを特徴とする光ファイバ母材の製造方法。

2. 請求項 1 に記載の光ファイバ母材の製造方法において、

ガラスパイプ及びガラスロッドのいずれか一方又は双方が延伸を開始する位置から、上記ガラスパイプとガラスロッドとが一体化する位置までの長さを L_1 とし、

上記ガラスパイプとガラスロッドとが一体化する位置から、この両者が延伸して上記ガラスパイプの外径が所定径となる位置までの長さを L_2 としたときに、

$$0.1 \leq L_1 / (L_1 + L_2) \leq 0.8$$

を満たすように上記ガラスパイプとガラスロッドとの一体化及び延伸を行うことを特徴とする光ファイバ母材の製造方法。

3. 請求項 1 又は請求項 2 に記載の光ファイバ母材の製造方法において、

ガラスパイプの外径を D_0 、内径を d_0 とし、

上記ガラスパイプとガラスロッドとが一体化する位置における上記ガラスパイプの外径を D_1 、内径を d_1 としたときに、

$$(d_0 / D_0) / (d_1 / D_1) \leq 2$$

を満たすように上記ガラスパイプとガラスロッドとの一体化及び延伸を行うことを特徴とする光ファイバ母材の製造方法。

4. クラッド用ガラスパイプ内に、コア用ガラスロッド、又はコア及びクラッド用ガラスロッドを挿入し、この両者を加熱炉によって加熱しながら上記ガラスパイプ内を減圧して、上記ガラスパイプとガラスロッドとの一体化及び延伸を行う光ファイバ母材の製造方法において、

上記ガラスロッドの上記加熱炉への送り速度を、上記ガラスパイプの送り速度よりも速い速度であって、上記ガラスパイプの送り速度の2倍以下の速度となるように調整することを特徴とする光ファイバ母材の製造方法。

5. 請求項4に記載の光ファイバ母材の製造方法において、

ガラスパイプとガラスロッドとの間の隙間が大となるように、このガラスパイプの断面積と比較して小径にされた延伸ガラスロッドを用い、

上記ガラスロッドの送り速度を、上記ガラスパイプとガラスロッドとが一体化するときに設定したコア・クラッド比となるように調整することを特徴とする光ファイバ母材の製造方法。

6. 請求項4又は請求項5に記載の光ファイバ母材の製造方法において、

ガラスロッドの送り速度を、ガラスパイプとガラスロッドとが長手方向に所望のコア・クラッド比で一体化するように調整することを特徴とする光ファイバ母材の製造方法。

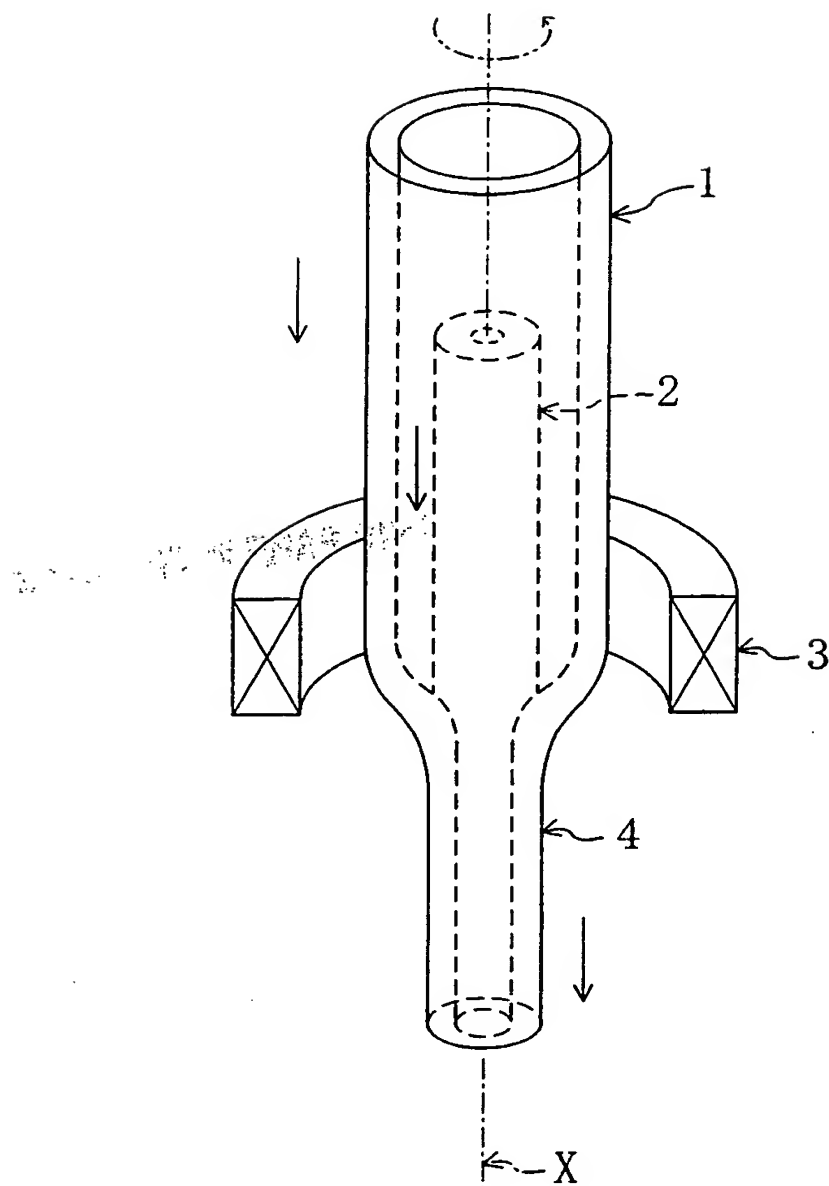
7. 請求項4又は請求項5に記載の光ファイバ母材の製造方法において、

ガラスパイプ及びガラスロッドのいずれか一方又は双方を、このガラスパイプ又はガラスロッドの長手方向軸回りに回転させながら、上記ガラスパイプとガラスロッドとの一体化を行うことを特徴とする光ファイバ母材の製造方法。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

1/16

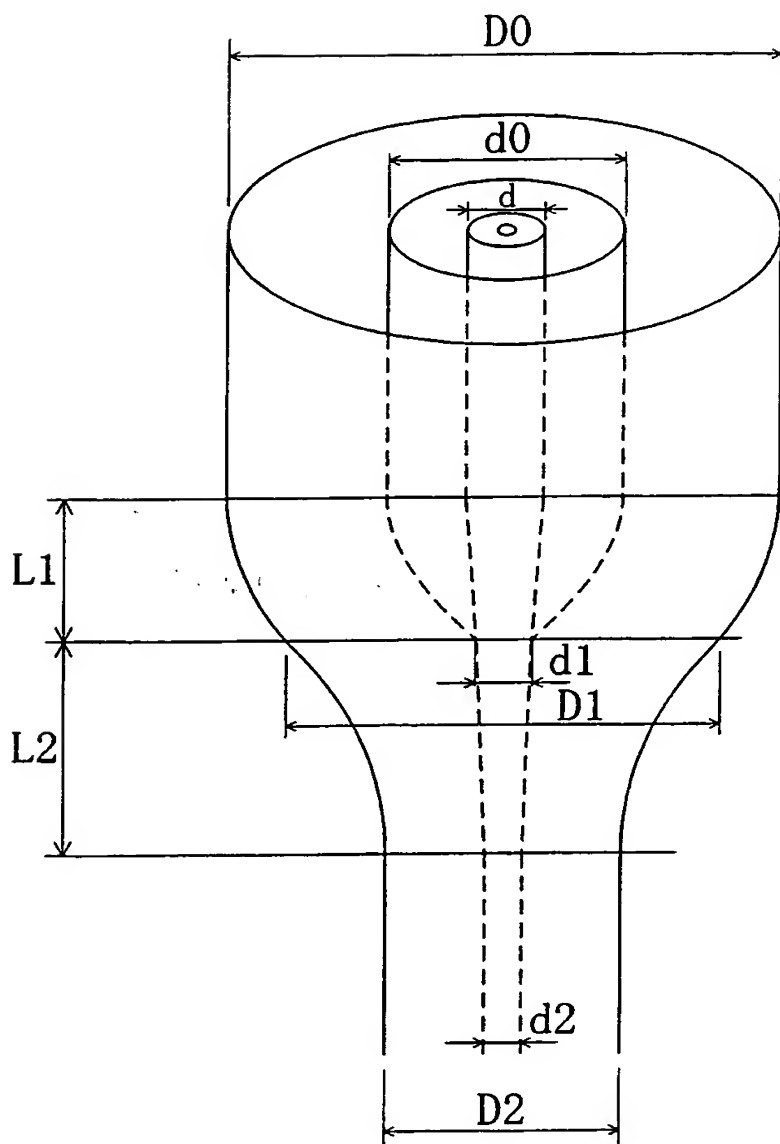
Fig. 1



THIS PAGE BLANK (USPTO)

2/16

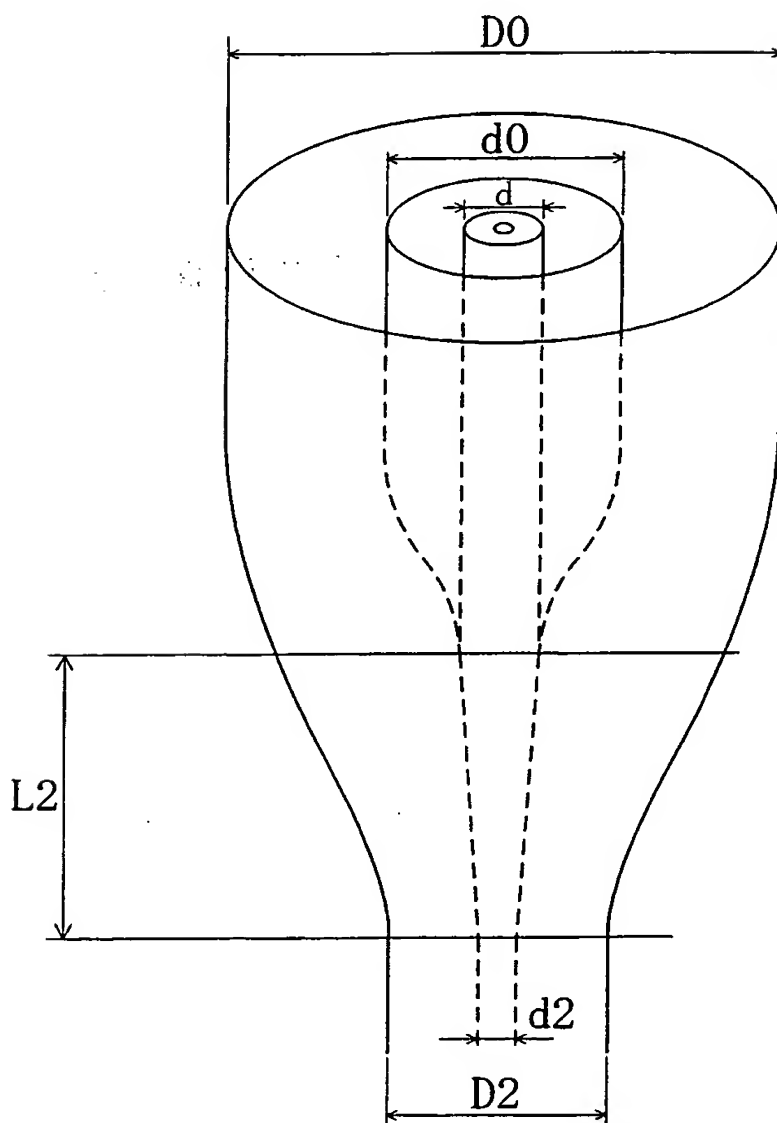
Fig. 2



THIS PAGE BLANK (USPTO)

3/16

Fig. 3



THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig. 4

	記号	従来例1	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	比較例1	従来例2	実施例6	実施例7	実施例8
パイ' 外径	D0	67.0	48.0	67.0	67.0	67.0	67.0	67.0	170.0	170.0	166.0	170.0
パイ' 内径	d0	23.0	24.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	55.0	55.0	66.0	55.0
ポット' 径	d	19.0	13.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	45.0	45.0	41.6	45.0
パイ' 内径/外径比	d0/D0	0.34	0.50	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.32	0.32	0.40	0.32
パイ' 外径	D1	65.7	41.0	51.2	60.3	58.2	48.4	44.0	167.0	157.5	128.2	98.6
パイ' 内径 (=ポット' 径)	d1	19.0	12.2	14.8	17.4	16.8	14.0	12.7	45.0	42.4	33.8	26.6
パイ' 内径/外径比	d1/D1	0.29	0.30	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.27	0.27	0.26	0.27
パイ' 外径	D2	44.0	30.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	60.0	60.0	60.0	60.0
パイ' 内径 (=ポット' 径)	d2	12.7	9.0	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	16.2	16.2	15.8	16.2
パイ' 内径/外径比	d2/D2	0.29	0.30	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.27	0.27	0.26	0.27
パイ' 内径/外径比の比率	$\frac{(d0/D0)}{(d1/D1)}$	1.19	1.68	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.20	1.20	1.51	1.20
延伸開始位置から一体化位置まで	L1	0	38	43	18	22	89	210	0	66	140	377
一体化位置から延伸完了位置まで	L2	85	79	88	92	89	22	0	400	344	245	33
全体に対する一体化位置までの比率	$L1/(L1+L2)$	0.00	0.32	0.33	0.16	0.20	0.80	1.00	0.00	0.17	0.36	0.92
パイ' 減圧度 (kPa)		100.0	13.3	13.3	53.3	26.6	6.7	3.3	100.0	40.0	13.3	3.3
延伸炉のヒータ温度 (°C)		2250	2250	2250	2250	2250	2250	2250	2250	2250	2250	2250
パイ' を炉内へ送った速度 (mm/分)		10.0	8.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
延伸母材を引取った速度 (mm/分)		22.3	16.9	22.3	22.3	22.3	22.3	22.3	77.5	77.5	69.3	77.5
母材内部の泡 (個/母材100mm)		0	0	0	0	0	2	124	0	1	1	12
光ファイバ' のモードフィールド' 偏心率 (μm)		1.41	0.20	0.19	0.22	0.20	0.18	0.19	2.22	0.33	0.28	0.29

THIS PAGE BLANK (USPTO)

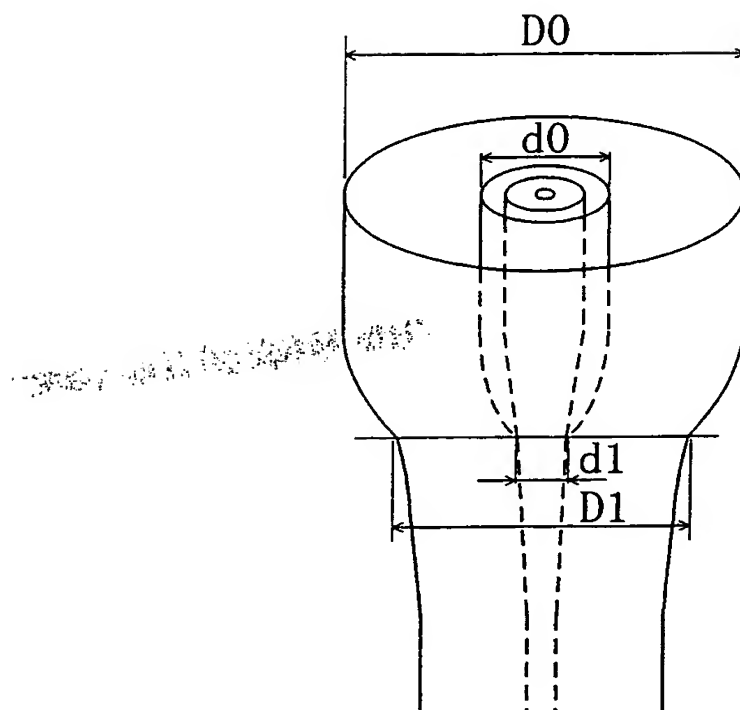
Fig. 5

	記号	従来例1	実施例9	実施例10	実施例11	実施例12	従来例2	実施例13	実施例14
パイプ外径	D0	67.0	67.0	67.0	67.0	67.0	170.0	170.0	170.0
パイプ内径	d0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	55.0	55.0	55.0
ポット内径	d	19.0	6.0	10.8	13.3	21.0	45.0	25.0	50.0
パイプ内径/外径比	d0/D0	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.32	0.32	0.32
パイプ外径	D1	65.7	54.0	55.2	56.9	59.2	167.0	128.0	149.5
パイプ内径(=ポット径)	d1	19.0	5.1	9.3	11.8	18.7	45.0	19.7	44.4
パイプ内径/外径比	d1/D1	0.29	0.09	0.17	0.21	0.32	0.27	0.15	0.30
パイプ外径	D2	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	60.0	60.0	60.0
パイプ内径(=ポット径)	d2	12.7	4.2	7.4	9.1	13.9	16.2	9.2	17.8
パイプ内径/外径比	d2/D2	0.29	0.09	0.17	0.21	0.32	0.27	0.15	0.30
パイプ内径/外径比の比率	$\frac{(d0/D0)}{(d1/D1)}$	1.19	3.62	2.03	1.66	1.08	1.20	2.11	1.09
延伸開始位置から一体化位置まで	L1	0	77	62	54	32	0	140	94
一体化位置から延伸完了位置まで	L2	85	138	121	108	125	400	270	271
全体に対する一体化位置までの比率	$L1/(L1+L2)$	0.00	0.36	0.34	0.33	0.20	0.00	0.34	0.26
パイプ減圧度 (kPa)		100.0	13.3	13.3	13.3	13.3	100.0	13.3	13.3
延伸炉のヒータ温度 (°C)		2250	2250	2250	2250	2250	2250	2250	2250
パイプを炉内へ送った速度 (mm/分)		10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
延伸母材を引取った速度 (mm/分)		22.3	20.6	21.1	21.4	22.7	77.5	73.6	78.8
母材内部の泡(個/母材100mm)		0	1	1	0	1	0	0	1
光ファイバのモードフィールド偏心量 (μm)		1.41	0.49	0.44	0.21	0.19	2.22	0.42	0.28

THIS PAGE BLANK (USPTO)

6/16

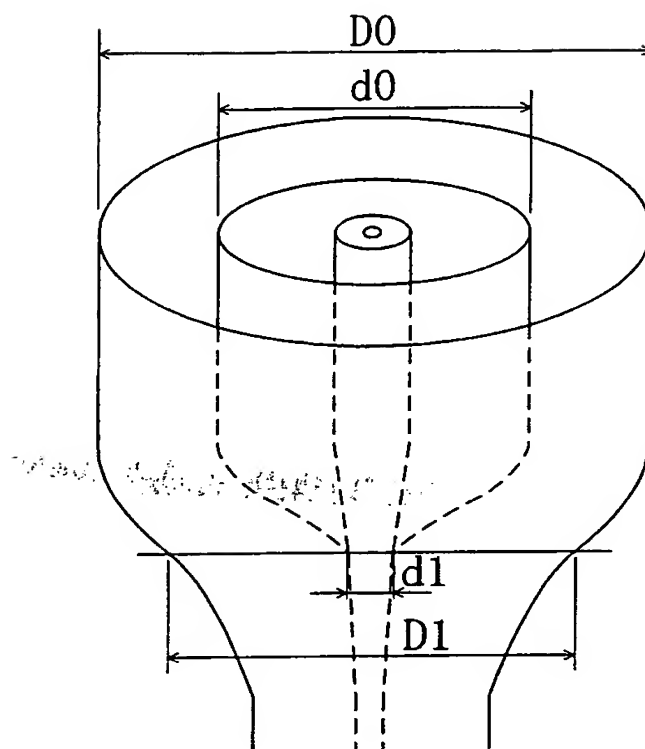
Fig. 6



THIS PAGE BLANK (USPTO)

7/16

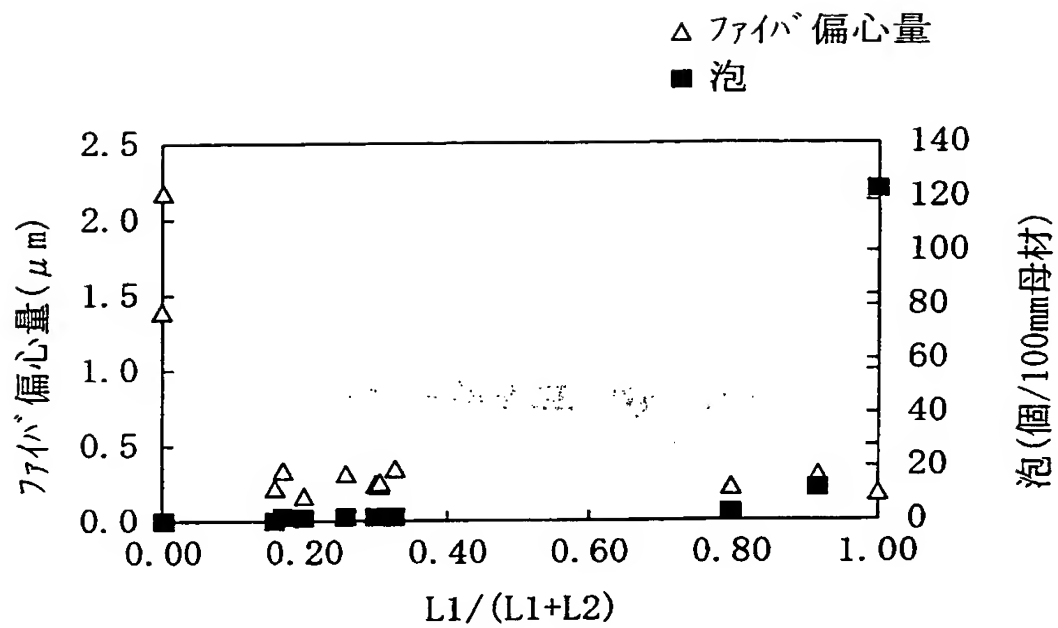
Fig. 7



THIS PAGE BLANK (USPTO)

8/16

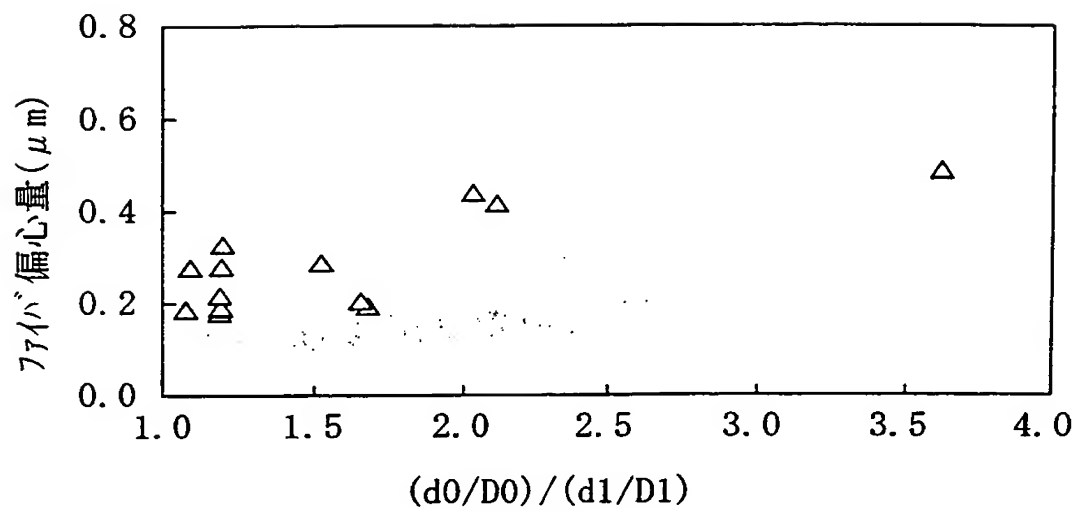
Fig. 8



THIS PAGE BLANK (USPTO)

9/16

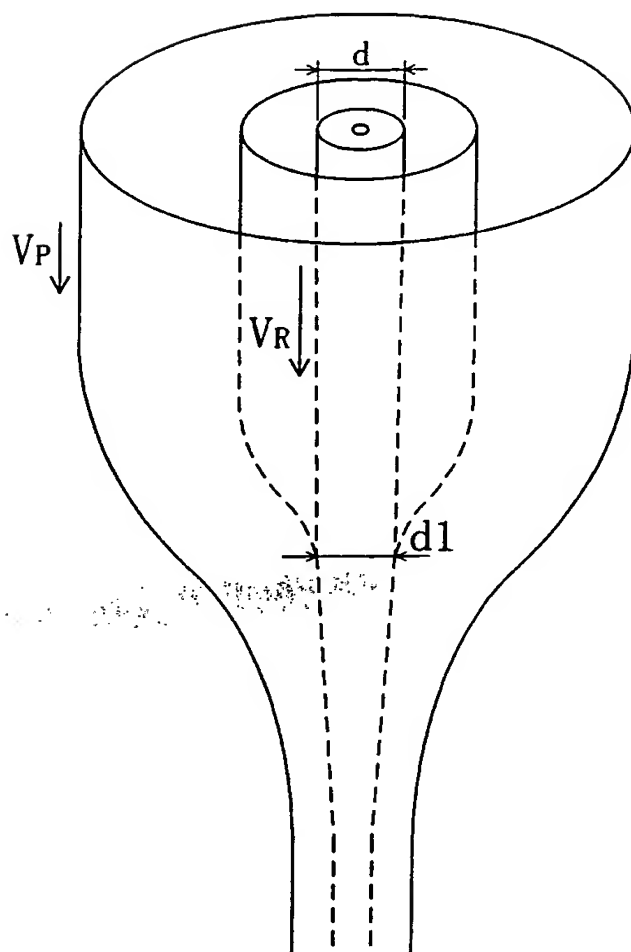
Fig. 9



THIS PAGE BLANK (USPTO)

10/16

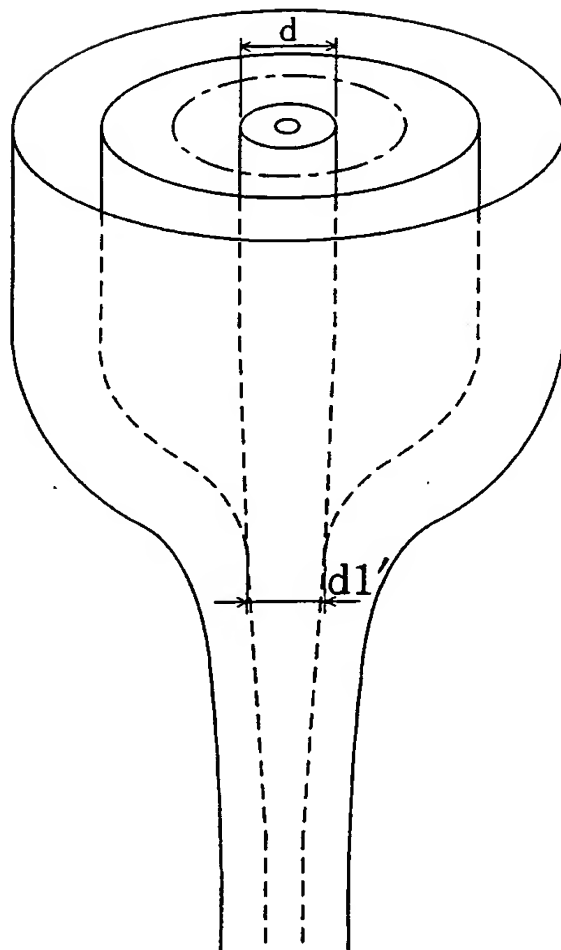
Fig. 10



THIS PAGE BLANK (USPTO)

11/16

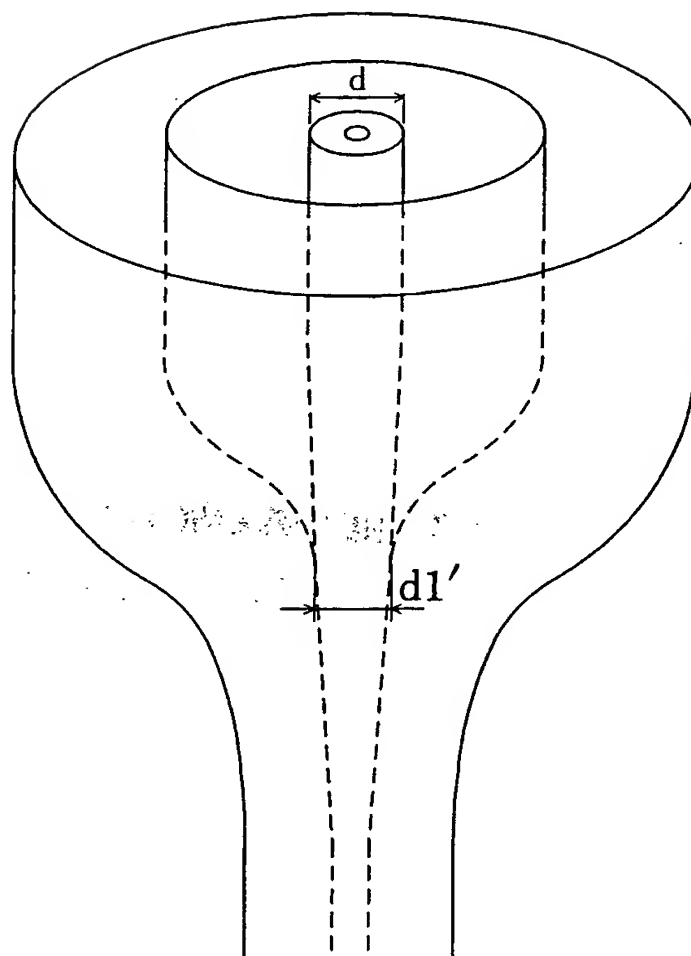
Fig. 11



THIS PAGE BLANK (USPTO)

12/16

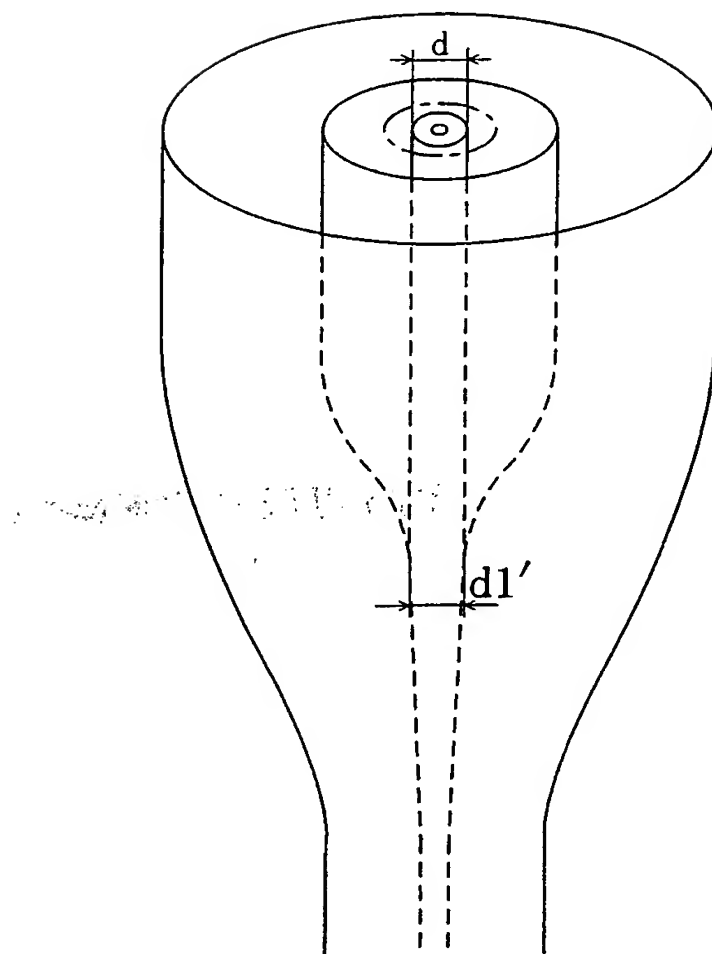
Fig. 12



THIS PAGE BLANK (USPTO)

13/16

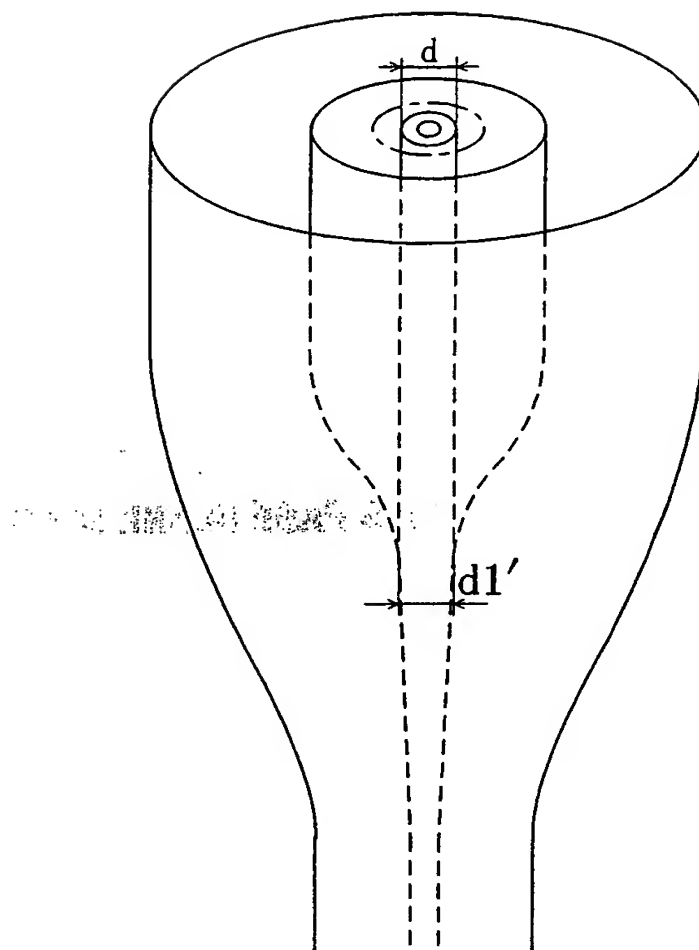
Fig. 13



THIS PAGE BLANK (USPTO)

14/16

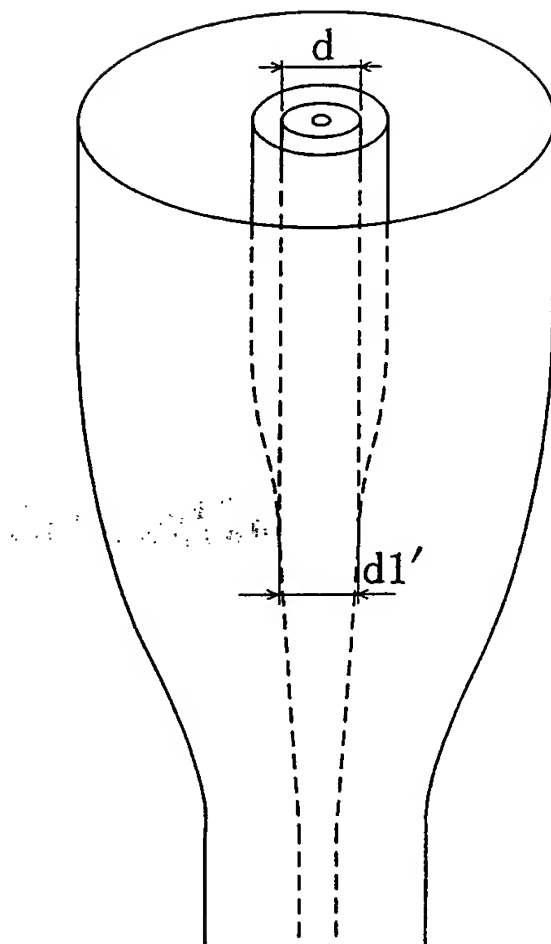
Fig. 14



THIS PAGE BLANK (USPTO)

15/16

Fig. 15



THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig. 16

項目	記号	単位	実施例: (図10に相当)	比較例1 (図13に相当)	比較例2 (図12に相当)	比較例3 (図15に相当)
VADポット外径	d	(mm)	32.0	32.0	48.0	48.0
コア径		(mm)	8.65	8.65	12.47	12.15
VADポットC/C			3.70	3.70	3.85	3.95
パイプ内径		(mm)	53.0	53.0	70.0	55.0
クリップス		(mm)	10.5	10.5	11.0	3.5
ポット送り速度	V _R	(mm/分)	18.5	10.0	10.0	10.0
パイプ送り速度	V _P	(mm/分)	10.0	10.0	10.0	10.0
パイプ外径		(mm)	168.5	168.5	189.0	175.1
(ポット/パイプ)送り速度比	V _R /V _P		1.85	1.0	1.0	1.0
一体化位置での外径			115.4	107.2	128.0	122.8
一体化位置でのポット径	d _I	(mm)	30.3	—	—	—
一体化位置でのポット径	d _I '	(mm)	—	21.0	33.8	34.1
完成母材C/C			14.1	18.9	14.6	14.2
目標母材C/C			14.2	14.2	14.4	14.4
カット波長		(μm)	1.270	1.700	1.298	1.266
母材中の気泡	(個/母材100mm長さ)		0	0	0	67
光ファイバのモードフィールド偏心量		(μm)	0.25	不明	1.22	0.24

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT COOPERATION TREATY

From the INTERNATIONAL BUREAU

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

To:

Commissioner
US Department of Commerce
United States Patent and Trademark
Office, PCT
2011 South Clark Place Room
CP2/5C24
Arlington, VA 22202
ETATS-UNIS D'AMERIQUE
in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 08 February 2001 (08.02.01)	
International application No. PCT/JP00/04071	Applicant's or agent's file reference C00-S-097CT1
International filing date (day/month/year) 21 June 2000 (21.06.00)	Priority date (day/month/year) 22 June 1999 (22.06.99)
Applicant ITO, Hideaki et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:
08 December 2000 (08.12.00)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was
☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer Antonia Muller Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	--

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04071

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ C03B37/012, G02B6/00, 356

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ C03B37/012

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
WPI/L, ECLA (C03B37/012B)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US, 3932162, A (Corning Glass Works), 13 January, 1976 (13.01.76), Column 7, lines 18 to 58, Table 6 & JP, 51-14336, A, page 7, upper left column; page 7, upper right column; Fig.6 & DE, 2523401, A & SE, 7507035, A & FR, 2275786, A & GB, 1466496, A & CA, 1061565, A & IT, 1039119, A	1-7
A	US, 4749369, A (Polaroid Corporation), 07 January, 1988 (07.01.88), Column 4, lines 40 to 48; Fig.6	1-7
A	US, 4820322, A (American Telephone and Telegraph Company AT & T Bell Laboratories), 11 April, 1989 (11.04.89), Column 9, lines 27 to 54; Fig.10 & JP, 62-260727, A page 10, upper left column; page 10, upper right column; Fig.10 & EP, 244135, A & KR, 9002260, B	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 11 September, 2000 (11.09.00)	Date of mailing of the international search report 19 September, 2000 (19.09.00)
--	---

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/04071

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	& AU, 8771933, A US, 4578096, A (Warner-Lambert Technologies, Inc.), 25 March, 1986 (25.03.86), Column 2, lines 30 to 68; Fig.4 & JP, 57-38337, A page 3, upper right column; page 3, lower left column; drawings & FR, 2488595, A & GB, 2082166, A & DE, 3132098, A	1-7
A	GB, 1427826, A (Sumitomo Electric Industries, LTD.), 10 March, 1976 (10.03.76), page 3, left column, lines 10 to 53; Fig.4 & DE, 2352003, A & FR, 2246507, A	1-7
A	WO, 98/33746, A1 (Corning Incorporated), 06 August, 1998 (06.08.98), page 14, line 15 to page 15, line 7; Fig.9 & JP, 8-225335, A Par. No. [0027]; Fig.9 & US, 5717109, A & EP, 966407, A1 & TW, 365651, A & BR, 9808613, A	1-7
A	JP, 55-90431, A (Fujitsu Limited), 09 July, 1980 (09.07.80), page 2, upper right column; page 2, lower left column; drawings (Family: none)	1-7
A	JP, 7-10586, A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 13 January, 1995 (13.01.95), Claims; drawings (Family: none)	1-7
A	JP, 55-144434, A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 11 November, 1980 (11.11.80), Claims; drawings (Family: none)	1-7

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO0/04071

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ C03B37/012, G02B6/00, 356

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl.⁷ C03B37/012

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI/L, ECLA (C03B37/012B)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US, 3932162, A (Corning Glass Works)、13. 1月. 1976 (13. 01. 76)、第7欄18行~58行及び第6図 & JP, 51-14336, A、第7頁左上欄、同右上欄及び第6図 & DE, 2523401, A & SE, 7507035, A & FR, 2275786, A & GB, 1466496, A & CA, 1061565, A & IT, 1039119, A	1-7
A	US, 4749369, A (Polaroid Corporation)、7. 1月. 1988 (07. 01. 88)、第4欄40行~48行及び第6図	1-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11. 09. 00

国際調査報告の発送日

19.09.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

近野 光知



4T 9260

電話番号 03-3581-1101 内線 3465

C (続き) 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	US, 4820322, A (American Telephone and Teelgraph Company AT&T Bell Laboratories)、11. 4月. 1989 (11. 04. 89)、第9欄第27行~第54行及び第10図 & JP, 62-260727, A、第10頁左上欄、同右上欄及び第10図 & EP, 244135, A & KR, 9002260, B & AU, 8771933, A	1-7
A	US, 4578096, A (Warner-Lambert Technologies, Inc.)、25. 3月. 1986 (25. 03. 86)、第2欄30行~68行及び第4図 & JP, 57-38337, A、第3頁右上欄、同左下欄及び図面 & FR, 2488595, A & GB, 2082166, A & DE, 3132098, A	1-7
A	GB, 1427826, A (Sumitomo Electric Industries, LT D.)、10. 3月. 1976 (10. 03. 76)、第3頁左欄第10行~第53行及び第4図 & DE, 2352003, A & FR, 2246507, A	1-7
A	WO, 98/33746, A1 (Corning Incorporated)、6. 8月. 1998 (06. 08. 98)、第14頁第15行~第15頁第7行及び第9図 & JP, 8-225335, A、【0027】欄及び第9図 & US, 5717109, A & EP, 966407, A1 & TW, 365651, A & BR, 9808613, A	1-7
A	JP, 55-90431, A (富士通株式会社)、9. 7月. 1980 (09. 07. 80)、第2頁右上欄、同左下欄及び図面 (ファミリーなし)	1-7
A	JP, 7-10586, A (三菱電線工業株式会社)、13. 1月. 1995 (13. 01. 95)、特許請求の範囲及び図面 (ファミリーなし)	1-7
A	JP, 55-144434, A (住友電気工業株式会社)、11. 11月. 1980 (11. 11. 80)、特許請求の範囲及び図面 (ファミリーなし)	1-7